IL

LIBRO DELLA NATURA

LEZIONI ELEMENTARI

DI

FISICA — ASTRONOMIA — CHIMICA — MINERALOGIA — GEOLOGIA
BOTANICA — FISIOLOGIA — ZOOLOGIA

Del Dott. FEDERICO SCHOEDLER

Tradotte col consenso dell'autore sulla 13ma edizione tedesca con Aggiunte e Schiarimenti nel testo

DA

ANGELO FAVA E FRANCESCO CORTESE

VOLUME PRIMO: FISICA — ASTRONOMIA — CHIMICA

TORINO
DALL'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE
1865

IL

LIBRO DELLA NATURA

VOLUME PRIMO

FISICA — ASTRONOMIA — CHIMICA

IL

LIBRO DELLA NATURA

LEZIONI ELEMENTARI

DI

FISICA - ASTRONOMIA - CHIMICA - MINERALOGIA
GEOLOGIA - BOTANICA - FISIOLOGIA - ZOOLOGIA

PER USO DEI CULTORI DELLE SCIENZE NATURALI

ed utili sovratutto

AGLI ALUNNI DELLE SCUOLE SECONDARIE ED AGLI ISTITUTI TECNICI

COMPILATE

dal dottor

FEDERICO SCHOEDLER

Tradotte col consenso dell'autore sulla tredicesima edizione tedesca

CON AGGIUNTE E SCHIARIMENTI NEL TESTO

DA

ANGELO FAVA E FRANCESCO CORTESE

VOLUME PRIMO

FISICA - ASTRONOMIA - CHIMICA

TORINO
STAMPERIA DELL'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE
1865

INDICE DELLE MATERIE

FISICA

ASTRONOMIA

CHIMICA

L'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE

AI LETTORI

Dal momento in cui una provvida legislazione, informata alle idee di civiltà e di progresso proprie dell'età presente, introdusse quale elemento della generale coltura nei pubblici istituti d'istruzione e d'educazione lo studio della filosofia naturale, sursero gravi quistioni e difficoltà, non già sulla convenienza di quell'insegnamento, ma sul modo e la misura con cui sarebbe utile di impartirlo.

Taluno, considerando il non interrotto avanzar delle scienze fisiche e naturali, e l'estensione sempre maggiore che va acquistando ciascuna di loro, avrebbe voluto che nelle scuole d'istruzione secondaria, nelle tecniche, nelle normali si addottasser programmi ne' quali nulla fosse omesso di quanto riguarda le più recenti teorie e gli sperimenti più nuovi, e le ultime applicazioni che di giorno in giorno si vengono effettuando. Altri meglio illuminato dalla pratica, si mostrò per l'opposto persuaso della necessità di ristringer quelle dottrine entro limiti più angusti, affine di porgerne a giovani soltanto le più facili ed elementari notizie, senza entrare nelle minute particolarità, contentandosi di ben fissare i principii fondamentali e le più comuni applicazioni.

In quest'ultima sentenza concorrono i più de' nostri insegnanti e la Francia stessa donde prima erasi copiato il modello di programmi larghi e difficili, si è ora messa anche ella in via di correggerli, dopo che il fatto chiarì apertamente che a giovanili ingegni non poteva esser addatta tutta

la copia di cognizioni che appena può utilmente attingersi da più maturi nei corsi speciali e nelle Università *(a)*.

La Germania, senza fermarsi a disputar lungamente, segnò da molto tempo nelle sue scuole reali, e co' suoi libri di testo la più sicura via da seguirsi da chi desideri efficacemente giovare a quella classe di alunni, i quali non aspirando agli onori dell'alta scienza, sentono però il bisogno d'un certo corredo di esatte notizie fisiche e naturali, sia per gli usi delle loro industrie, sia come compimento della loro cultura intellettuale.

Fra le molte opere che godono di meritata fama nelle scuole tedesche nessuna, a parere di giudici competenti, vince in pregio, nè ottenne più compiuto successo di quella dello Schoedler, breve, succosa, esatta, che s'intitola: *Dass Buch der Natur*, o il **Libro della Natura** che in pochi anni ebbe tredici copiose edizioni.

L'autore, uomo pratico dell'insegnamento e conoscitore profondo dell'attitudine dei giovani studenti, seppe conciliare nel suo *Libro della Natura*, la chiarezza colla esat-

(a) A conferma di quanto abbiamo qui detto ci arrivano molto a proposito le parole di un autorevolissimo giudice, qual è l'illustre Matteucci, il quale in una lettera al Lambruschini sull'insegnamento delle scienze fisiche e naturali nei licei, così si esprime: (V. Rivista dei Comuni italiani. *Anno* ix. *fasc. di Settembre*).

« È naturale che a giovani professori di fisica piaccia, perchè anche riesce più facile, d'insegnare la fisica mostrando le scintille dell'apparecchio d'induzione, il telegrafo elettrico, il modello di una locomotiva; naturalissimo che i presidi de' licei, i sindaci amino di avere nella loro città e nello stabilimento che dirigono un gabinetto di fisica che costa otto o dieci mila franchi allo Stato, senza che vi sia poi, almeno il più spesso, chi ripulisca e mantenga le macchine in buone condizioni.

« Ma la verità importante è che la fisica veramente profittevole agli alunni dei licei, non dev'esser fatta con queste norme, non deve entrare in queste minute particolarità, e che la fisica, la chimica, la storia naturale, la matematica, insegnate così, cioè coi programmi che abbiamo, producono due sinistre conseguenze; che nella mente dei giovani non si fissano veramente i principii fondamentali di quelle scienze, e che il tempo e la riflessione necessaria mancano perciò agli studii di lettere e di storia, cioè ai fondamenti dell'istruzione liceale...... senza entrare in troppe particolarità, senza ripetere le più minute esperienze, bisogna limitarsi a dare quelle cognizioni sull'elettricità, sul calore, sulla luce nelle quali non vi è contestazione, che con poche e ben nette esperienze si dimostrano e che lasciano idee chiare ed esatte delle leggi naturali e dei legami che passano fra esse. Con questi fondamenti il giovane può proseguire da sè quegli studii e perfezionarli nelle Università e nei corsi speciali.

« Ugualmente si dovrebbe ragionare sui programmi della chimica e della storia naturale ».

lezza, l'utilità col diletto, la brevità coll'abbondanza. In una serie di piccoli trattati, nei quali le materie sono collegate con logica dipendenza, in modo che le une servano di compimento alle altre, egli espose tutto quanto è veramente necessario a sapersi, non già da chi intenda toccar l'apice nei diversi rami della scienza, ma soltanto abbia mestieri di conoscerne i più certi e cardinali principii e misurarne l'importanza.

Il suo libro riuscì senza dubbio, un'eccellente guida pei maestri, un ottimo riassunto pei discepoli, una lettura facile e giovevole in ogni culta famiglia.

L'editore tedesco dopo di aver accennato come l'opera dello Schoedler abbia avuto ben 13 ristampe e sia stata tradotta in tutte le lingue moderne, riporta il giudizio che ne diede Liebig fino dall'apparire della 1ª edizione, e noi crediamo non sarà discaro il conoscerlo ai nostri lettori;
« Tra i testi destinati all'insegnamento scolastico delle
« scienze naturali sono rari quelli principalmente, i cui au-
« tori sieno esperti nei singoli rami non solo teorici, ma sì
« anche pratici, e siensi dati pensiero di sceverare con mano
« sicura ciò che è veramente e capitalmente importante, da
« ciò che lo è meno. Sotto questo aspetto dobbiamo riputar
« fra i migliori il *Libro della Natura;* anche astrazione fatta
« dalla eleganza della edizione, il quale può dirsi una delle
« più belle ed utili opere che possiede la letteratura mo-
« derna, avuto riguardo allo scopo per cui è stata composta.

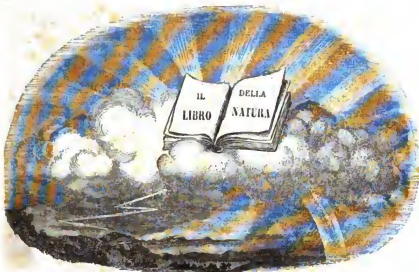
Giessen, maggio 1846.

GIUSTO LIEBIG.

Desiderosi pertanto gli Editori di farne sentire il vantaggio anche agl'Italiani, pensarono di rivolgersi per questo scopo agli egregi sigg. commendatori FAVA e CORTESE, pregandoli di incaricarsi della versione e di arricchirla di quelle modificazioni ed aggiunte che riputassero convenienti. Affidando un tal lavoro ad uomini cosiffatti, entrambi conosciuti scrittori, il primo de' quali per quasi tre lustri fu a capo delle scuole tecniche del regno e dettò libri d'argomento non dissimile dal presente, e il secondo tenne

cattedra nell'Università di Padova, e die' saggi assai pregiati del proprio valore nelle scienze naturali, gli Editori potevano tenersi sicuri che all'opera non sarebbe venuto meno il suffragio de' loro connazionali.

Senza interromper con note il procedimento della esposizione, e senza punto alterar l'indole della medesima, stimarono i traduttori più opportuno introdurre nel testo assai copiose illustrazioni dei diversi argomenti (come potrà facilmente riscontrarsi dal confronto coll'originale) e sovratutto si adoperarono di render chiari tutti quei passi che del testo poteano a lettori non preparati da convenienti studii presentar maggiore difficoltà, giacchè i concetti dell'Autore sono sovente sottintesi piuttosto che dichiarati. L'indole affatto diversa delle lingue tedesca ed italiana fa sì che il cómpito d'una versione veramente conducente allo scopo di una perfetta intelligenza del testo non riesca così piano ed agevole come per avventura può credersi da chi non siasi provato in così fatti esercizii.

Ad ogni modo è a sperar che le cure poste e dai traduttori e dagli editori per la miglior riuscita del lavoro, non abbiano a tornar al tutto infruttuose, ove si pensi quanto sia numeroso lo stuolo di giovani che frequentano i nostri licei, le scuole tecniche, le normali, le magistrali, e come continua sia la ricerca di un libro, appunto qual è il presente, mentre di buon dritto lamentano gli studiosi di esser costretti a divagar in troppo ampio campo scientifico per diversi trattati diffusi e scritti con diverso intendimento. Se la dotta Germania non si peritò di accogliere l'opera dello Schoedler con tanto favore da non bastar tredici edizioni, spacciate in brevissimo tempo, a far paghe le sue domande, possibile che questa medesima opera, alla quale pur si tentò di recare qualche miglioramento, abbia in Italia a mendicar i lettori! Non possiamo crederlo per l'onore della nostra patria e dei tempi!

Il libro della natura sta da secoli aperto davanti allo sguardo dell'uomo, scritto in magnifiche e splendide cifre. Esso contiene il meraviglioso e l'utile; e frammezzo alle cose chiare e patenti che manifesta, vi hanno la loro importanza altresì ed il loro posto le impercettibili.

Sempre e da per tutto l'uomo ha tentato di interpretare il linguaggio della natura. Migliaia di studiosi hanno guardato in questo libro non soltanto in modo rapido e superficiale, ma sì anche con severa e profonda attenzione. I più grandi genii della umanità si sforzarono di renderne il contenuto facile e intelligibile.

Ma tuttavia la riuscita di questi sforzi rimase incompiuta; lasciò molte linee, anzi pagine intere, incomprese, buie, indovinate soltanto dal senso e dalla cognizione delle altre già note. Però, come avviene nella interpretazione delle antiche inscrizioni, di cui si conghiettura il significàto mediante la diciferazione di sole alcune linee, così pure l'umanità è progredita passo a passo nella conoscenza della natura.

Per quanto gli uomini si sieno dati cura per tempo di studiare i fatti che la natura presenta, non sempre tuttavolta vi si applicarono colla dovuta attenzione. Un'opera così misteriosa, così mirabile richiede tranquillità d'animo e grande pazienza in chi vuol leggere in essa, e ben di rado ve ne fu posto abbastanza dai popoli delle età antiche: tanto v'era allora da conquistare, tanto da coordinare, che ben di rado ogni singola gente trovò il tempo necessario da gettarvi sopra poco più che uno sguardo alla sfuggita. Fu mestieri anzi tutto fondare gli Stati, ordinarli, assicurarli; ed appena essi cominciarono, dopo guerre infinite e disagi d'ogni specie, a sorgere ed a consolidarsi, ebbero gli uomini ad occuparsi di ben altre urgenti cure; come furono quelle di creare leggi, stabilire il diritto e la proprietà, e soddisfare ai bisogni del sentimento religioso, a cui tanto contribuiscono le arti belle.

Per la qual cosa incontriamo generalmente nella religione e nelle arti rappresentative spuntare i germi della vita intellettuale dei popoli; dietro i quali si schierano tosto l'arte della guerra e le scienze politiche ed economiche, che di gran lunga precedono e si perfezionano prima della scienza della natura.

Passiamo ora in rapida rassegna codesto tempo passato.

EPOCHE ANTICHE

I più antichi popoli si contentarono di far uso dei doni della natura, e goderne senza darsi pensiero di perscrutarla. Essi avevano tutto da apprendere, tutto da provvedere, e perciò si occupavano di caccia, di pesca, e più tardi di pastorizia e d'agricoltura, mestieri più semplici, e più atti al soddisfacimento dei primi bisogni della alimentazione e del vestimento. Se non che in quella immediata e continua relazione colle cose naturali, dovettero di necessità osservar qualche fatto, e raccoglier così i germi di quelle sperienze che si resero poscia proficue a' loro posteri.

I Cinesi e gli Egizii, i quali di buon'ora fondarono Stati ben costituiti, sono i primi presso cui si trovino in buon numero arti ed ordinamenti, derivati da più intime relazioni colla natura, sebbene nè gli uni, nè gli altri abbiano saputo interpretare del

gran libro di lei altro che alcune parole, e qualche frase, senza tuttavia comprender il nesso delle sue manifestazioni ed il senso profondo de'concetti più oscuri.

EPOCA MEDIA

I Greci, la nazione più culta dell'antichità, vivevano in mezzo ad una prediletta natura che loro offeriva largamente di che render paghi i bisogni della vita. Meno necessitosi perciò di procacciarsi i loro tesori col lavoro, e colla investigazione della natura medesima, la interrogarono, ma non profondamente quanto si poteva attendere da loro, ove si guardi al grado di perfezione a cui seppero arrivare nelle arti e nei mestieri. Pure troviamo, come avvenne più tardi presso a noi, che alcune osservazioni meravigliose e alcune importanti scoperte si elevarono dalle officine alle soglie della scienza. Se non che tutto quanto in fatto d'arte e mestiere si eseguiva fra loro era opera di schiavi, o della più spregiata parte del popolo: i più culti rivolsero sopra ogni cosa in questi lavori la propria attenzione a perfezionare il senso del bello.

Quanto più profittevole e rigoglioso si andava svolgendo lo spirito dei Greci ingentiliti, tanto più essi lo indirizzarono a quelle dottrine che non abbisognano di penose ricerche, di molta pazienza e di materiale fatica, ma sì piuttosto alle matematiche, alla filosofia, alla politica, ed alle arti sorelle, che sono l'eloquenza, la poesia, la scultura, la pittura, l'architettura, giunte già da tempo remoto appo loro a sublime altezza e perfezione.

Le scienze naturali per converso non progredirono di pari passo, avendo i Greci della storia naturale, della astronomia, e della meccanica studiato quel tanto solamente che era compatibile coi pochi mezzi impiegati a quest'uopo, e che noi abbiamo più tardi ereditato da loro.

Il robusto e potente popolo romano non aspirava ad altro che a conquistare e dominare.

Sua occupazione precipua fu il condurre a buon fine le guerre, l'impor sue leggi ai popoli soggiogati senza darsi pensiero di erudire lo spirito nelle scienze, le quali vogliono amore

e pazienza. Per la qual cosa questo popolo, che sottomise al suo impero tutti i regni, non fu capace di metter piede in quello della natura, e intanto che dettava agli altri le passaggiere sue leggi, non ebbe alcun presentimento di quelle immutabili ed eterne, che hanno nella natura un governo al di sopra delle transitorie degli uomini.

La caduta del grande Impero Romano portò all'Europa un'èra procellosa. Orde innumerevoli di stirpi diverse abbandonarono le prische loro sedi per trovarne di nuove e più avventurose, e in questa ricerca recarono dapertutto la guerra e la desolazione a guisa di torrente che passa e distrugge. Quindi perdute le arti, profughe le scienze, costrette a ricoverarsi nelle più tranquille regioni dell'Asia; ove molto fu conservato, coltivato e perfezionato dell'antico sapere; intanto che all'Europa straziata da guerre selvaggie non furon trasmesse le cognizioni più elevate delle cose naturali, se non più tardi per mezzo delle Crociate e degli Arabi.

EPOCA PIU' RECENTE

Ma a poco a poco le condizioni dell'Europa presero migliore aspetto. Il Cristianesimo fortificato da'suoi martirii, legò i popoli insieme fra loro contro le invasioni dei Barbari, e l'impero germanico s'innalzò a loro scudo e protezione. In Italia le reliquie della vetusta civiltà rimasero numerose, e i suoi municipii, viventi di una vita propria, diedero splendidi esempi di civiltà, che valsero a tener desto il sentimento non soltanto di libertà e di patria, ma ad impedire eziandio che le tenebre della ignoranza si stendessero su tutte le regioni d'Europa. In mezzo alle guerre che allora ancor si combattevano, si ricoveravano nei monasteri e nelle mura dei castelli e delle città fortificate le arti e le scienze, le arti e il commercio. Gli uomini colà agglomerati provarono stimolo di nuovi bisogni, e quindi rivolsero uno sguardo meglio indagatore alla natura, impiegando a ciò con più profitto i loro ozii e le loro ricchezze. Oltreciò il più grande impulso ad un generale progresso fu procacciato dalla invenzione della *Stampa* che facilitò i mezzi di comunicare i proprii pensieri, dalla *Scoperta dell'America* che presentò all'attonita Europa una quantità di

nuovi oggetti e meravigliosi, eccitanti la curiosità di meglio esplorarle, dall'istituzione delle *Università* che in Italia, Francia, Inghilterra e Germania si videro sorgere con dotti insegnamenti, ed illustrarsi per l'opera d'uomini bene istruiti pei tempi che correvano; le quali scuole furono principalmente in origine promosse dai medici che furono al postutto nei primi tempi gli uomini più istrutti e sapienti nelle cose della natura.

Da questo momento non fu più possibile nè un regresso, nè una fermata nel corso della scienza. Ogni anno venne aumentando il tesoro delle cognizioni, delle scoperte, delle invenzioni, e intanto che dapprima lo studio della natura era unicamente determinato dall'utilità e dal guadagno, diventò quindi innanzi per migliaia d'individui la sorgente più pura e più maravigliosa dei loro diletti.

EPOCA ULTIMA

Ricchi delle esperienze del passato, confortati dalla indole pacifica dell'età presente, gli Italiani, i Tedeschi, gl'Inglesi e i Francesi innalzarono alla dignità di vera sapienza le scienze, le arti e i mestieri. Rivolsero principalmente il loro sguardo alla natura, e ne conobbero tutta la importanza nella filosofia, nella medicina, nell'agricoltura, nella coltura dei boschi, nelle arti e nei mestieri. La concorrenza di queste favorevoli circostanze e di tante forze riunite hanno avuto per effetto meravigliosi progressi. E se fosse nostro assunto il delineare la storia delle diverse scoperte, e dei successivi avanzamenti delle varie scienze naturali, avremmo qui largo campo da spiegar le glorie della patria nostra, mostrando come in quasi tutte le dottrine essa abbia preceduto le altre nazioni d'Europa, e i nomi di Galileo, di Cesalpino, di Aldrovandi, di Torricelli e di altri moltissimi basterebbero ad avvalorare le nostre parole.

L'Accademia del *Cimento* istituita in Firenze allo scopo di interrogar la natura e di svelarne i segreti coi soli mezzi che possono riuscire efficaci, vale a dire l'osservazione e gli sperimenti, diede l'esempio, e fu la guida di quanti si proposero lo studio delle leggi che regolano l'universo.

In Germania ben presto si riunirono i naturalisti in una società che si raccolse annualmente in un luogo speciale, per promuovere lo spirito di ricerca e l'amore alle scienze naturali, ed ivi concorrevano dai più lontani paesi per esercitare fra loro uno scambio di cognizioni e di memorie. E per tal modo la scienza non ha ormai più alcun arcano che importi di studiosamente occultare.

A te pertanto, o fortunata gioventù, la di cui culla è posta sotto la pacifica ombra dell'ulivo, a te sovratutto si addice una speciale esortazione: fa tuo profitto di questa splendida età, e cerca di trarre i tuoi più cari conforti dallo studio della natura, perchè come secondo l'opinione degli antichi con ogni nuovo linguaggio che l'uomo impara, spunta per lui un nuovo senso, lo stesso avviene con ogni nuovo ramo di scienza. E secondo la sentenza di Göthe:

« La natura parla a'sensi conosciuti, o mal noti od ignoti,
« come parla a se stessa ed a noi con migliaia di fenomeni, e non
« resta mai per l'osservatore nè morta nè muta ».

Al quale studio erudita la mente e fatta capace di comprendere quel sublime linguaggio, potrai elevar l'animo alle più consolanti verità, e celebrar più degnamente

« La gloria di colui che tutto move ».

INTRODUZIONE

I.

Quando diciamo *natura* intendiamo il compendio, o l'insieme di tutto ch'è percepito dai sensi.

Noi *tocchiamo* ciò che vien a contatto della nostra pelle, *vediamo* ciò che da vicino o da lungi si presenta al nostro occhio, *udiamo* i molteplici suoni che abbiamo d'intorno, *odoriamo* le esalazioni delle piante, *gustiamo* gli elementi sapidi delle bevande e degli alimenti.

I sensi sono perciò i veri mediatori fra l'anima e la natura; essi soli son quelli che portano alla prima la rappresentazione di qualunque aspetto che assuma la natura, la quale non potrebbe essere in alcun modo raffigurata subbiettivamente. Il cieco può p. e. col tatto acquistare l'idea della forma dei corpi, ma non mai quella dei diversi colori. Non si può descrivere il bleu ed il rosso, come non si potrebbe ciò fare di un dato suono o di un sapore.

Se pertanto lo spirito deve procedere nella conoscenza della natura è provato anzitutto che non lo può che per mezzo dei sensi, è necessario che essa spedisca questi suoi esploratori nell'ignota regione, e si formi le immagini dietro le loro relazioni. Nessuno spirito umano, per quanto perspicace egli sia, potrebbe concepire l'essenza della natura nel suo tutto o nelle sue parti per la sola via del pensiero: sono sempre le sensazioni che precedono, sotto pena di cadere in illusioni ed errori.

II.

Attribuendo sì grande importanza alla rappresentanza dei sensi, non intendiamo limitarci però a questa condizione soltanto. Il bambino e l'imbecille sono per certo, non men che il selvaggio,

sottoposti alle impressioni dei sensi medesimi, ma per deficienza di sviluppo spirituale, e quindi di giusto concepimento e di retto giudizio non sono atti a comprendere la natura che in minimo grado, imperciocchè sia l'anima sola che abbia potenza e facoltà di raccogliere le singole impressioni e di compenetrarle col pensiero.

L'attenta considerazione della natura noi appelleremo *osservazione*: l'osservazione collo scopo di conoscere, lo diremo *indagine*. L'osservare poi con accuratezza, e ripetutamente coll'aiuto di certi speciali mezzi, si denominerà *ricerca* o *sperimento*.

III.

La natura si rivela mediante *oggetti* e mediante *fenomeni*.

Oggetti sono tutte le cose corporee che ci si offrono, come le pietre, le piante, gli animali; le quali colla loro presenza, estensione e forma si attraggono la nostra attenzione e la richiamano ad una più accurata considerazione e discernimento.

Come masse corporee riempiono un dato spazio e servono ai confronti ed alle misure.

Di mano in mano che andremo esaminando in varie condizioni un oggetto, non lo troveremo sempre perfettamente uguale alla nostra percezione; vi scopriremo certi cambiamenti, sia di posizione, sia di forma, sia di colorito: cambiamenti che si dicono *apparenze*, *fenomeni*, e non sono al certo per noi le cose meno importanti, perchè sono essi che colla loro durata, successione e ricomparsa riempiono e dividono il *tempo*.

IV.

Intorno ai fenomeni, meglio che una definizione, gioverà ad appagare la nostra curiosità il seguente esempio:

Sia una pietra sul suolo; io la prendo e la innalzo, con ciò essa muta posizione e fa un movimento. La pietra è l'oggetto, il movimento è un fenomeno.

Quale fu la cagione di questo movimento? Senza dubbio null'altro che la mia volontà messa in azione mediante il prenderla e il sollevarla.

Ma che cosa avverrà se io l'abbandonerò a se medesima,

aprendo la mia mano? La pietra non rimarrà già sospesa nell'aria, ma nello stesso momento ch'io apra la mano essa cadrà sul terreno.

Qui dunque abbiamo un fenomeno ed un movimento affatto indipendente dalla mia volontà, perchè malgrado questa, e malgrado che sia ferma e determinata, ciò non di meno la pietra cade, e ciò stesso farà ogni volta che io ne vorrò ripetuta la prova.

Come insegna l'esperienza è indifferente che teniamo in alto una pietra o qualsiasi altro corpo; l'effetto sarebbe sempre lo stesso.

Bisogna adunque che vi sia una ragione per cui sotto le stesse condizioni qualunque corpo manifesti lo stesso fenomeno del cadere, ragione indipendente dalla volontà dell'uomo, ma connessa ad ogni corpo e inerente al medesimo. La causa di fenomeni uguali a questo, sui quali non può influire la volontà umana, chiamasi *forza* o *forza naturale*; appellasi *attrazione*, *gravità*, quella appartenente ad un corpo, che lo fa cadere.

Siccome poi vi è un gran numero di diversi fenomeni, così potrebbe ritenersi che a seconda della varietà dei medesimi, dovessero esistere altrettante forze destinate a produrli. Ciò non è vero. Esatte osservazioni dimostrarono che la medesima forza può determinarne molti e svariati, cosicchè è assai probabile che nel totale queste forze si riducano a poche.

Nell'osservare la natura dobbiamo pertanto anzitutto raffigurare gli oggetti del pari che i fenomeni ch'essi manifestano: poscia dobbiamo renderci conto delle cause, ossia delle forze che li producono. L'associazione di cosiffatte cognizioni è ciò che costituisce la *scienza fisica.*

V.

Cominciamo ora ad osservar la natura. Facciamo una passeggiata a questo scopo, e poniam bene mente a ciò che si offre ai nostri sensi. Primamente vediamo una moltitudine d'oggetti svariati; campagne e pascoli sono coperti d'erbe e verdure, e sopra colli si stende un bosco ripieno di alberi e di cespugli, ai loro piedi luccica nella valle un fiume, mentre di sopra pendono le nubi nell'aria.

In nessun luogo troviamo vera quiete ed inerzia assoluta; le foglie ed i rami oscillano e romoreggiano, le onde gorgogliano e s'increspano, e dappertutto si agitano le differenti specie animali

nella loro vitale azione ed energia — quanti oggetti, qual varietà di fenomeni! Donde comincieremo la nostra indagine, come fisseremo le singole cose in mezzo al movimento comune? E infatti la moltitudine confonde — facilmente si perde la speranza di trovare il giusto cammino, e ritorniamo a casa poco istrutti.

Ma quivi altresì, fra le nostre quattro pareti, si presentano molteplici oggetti alla nostra contemplazione. Il calore che si irraggia dalla stufa, il consumarsi della legna che arde, lo stridere dell'acqua che bolle, sono tutti fenomeni che meritano la nostra attenzione. Qual sorprendente diversità nel modo di comportarsi delle diverse forme di vetri che abbiamo nella nostra camera! Intanto che le invetriate delle finestre ci lasciano scorgere immutati gli oggetti che sono al di fuori, la lente che teniamo fra le mani ce li rappresenta ingranditi, lo specchio appeso alle muraglie ci rimanda fedelmente la nostra stessa immagine.

Queste sono pur cose che tuttodì noi vediamo, che ognuno conosce: ma domandiamoci un poco le cause prossime di cosiffatti fenomeni, ci accorgeremo che non è poi del pari facile il discoprirle.

Non mancano adunque materia ed oggetti da indagare mai nè in nessun luogo. La difficoltà sta nel sapere come dovremo incominciare a guardare ed afferrare la massa di questi, perchè abbracciarli tutti in una volta sarebbe impossibile. Prendiamoli adunque uno dopo l'altro e intendiamoci intorno alla serie loro.

VI.

Il primo bisogno che prova la nostra mente è quello di fissare una qualche divisione di tutto codesto immenso regno delle cose naturali, e questa divisione ci si affaccia spontanea sempre che altri non voglia essere di soverchio esigente, stante che nel dominio della natura l'una si trova sempre in più o in meno intime connessioni colle altre.

Torna però malagevole a colui che conosce o nulla od imperfettamente ciò che forma oggetto delle scienze naturali, assegnare una divisione di esso, perchè l'uomo non può formarsi una chiara idea prospettica se non di ciò che anche isolatamente conosce con precisione.

Se, malgrado questo, noi facciamo la prova di dividere un gran tratto di terra in porzioni, il principale nostro scopo è sempre

quello di potervi tracciare le vie, mediante le quali ci riesca possibile di percorrerlo a nostro beneplacito.

Già abbiamo veduto più sopra che la natura si rivela parte cogli oggetti e parte coi fenomeni, e così è chiarito anzitutto come tutta la scienza possa spartirsi in due grandi sezioni, cioè in quella degli oggetti, e in quella dei fenomeni stessi.

VII.

La scienza degli oggetti è suscettiva di tre grandi scompartimenti, i quali si comprendono sotto il nome di storia naturale, e si rendon manifesti cogli esempi seguenti.

Fra le migliaia di oggetti che ne circondano io scelgo, a mo' d'esempio, alcuni pezzi di arenaria, di creta, di granito, indi pezzi di zolfo, di carbon fossile, d'argilla, di gesso bianco. Tutti questi pezzi sono fra loro sommamente diversi, ma hanno una somiglianza in ciò che ciascuno è omogeneo nella sua massa.

Stacchiamo da questi pezzi di arenaria, di granito, di creta, un frantume, ed avremo la stessa sostanza, tranne il volume, ed in ciascuno potremo mostrar come sussistono le stesse proprietà che hanno le masse maggiori dalle quali fu tolto.

In nessuno di questi oggetti pertanto troveremo qualche parte che diversifichi dalle altre, nè potremo mai sostenere che un pezzetto sia necessario alla esistenza della massa totale, od abbia uno scopo speciale, una speciale significazione. Il più sottile polverlo della creta che resta attaccato al mio dito, non differisce da un blocco, da una massa, da un'intera stratificazione di quella sostanza.

Lo stesso dicasi del granito, che per esser composto di diverse sostanze parrebbe formare un'eccezione a questa regola. Il granito risulta di feldspato, quarzo e mica, come ci sarà manifesto a suo luogo, sia esso ridotto alla mole d'un nocciuolo, o in masse gigantesche come quella che forma piedistallo alla statua di Pietro il Grande a Pietroburgo.

Vi sono adunque degli oggetti omogenei nella loro composizione, in cui non si lasciano distinguere parti composte in modo speciale, nè destinate a scopi speciali. Questi noi appelliamo *minerali*, donde prende nome di *mineralogia* la scienza che ne fa proprio studio.

Quanto diversa non va la faccenda, se noi esaminiamo un albero od un arbusto, od anche un semplice fiore, una foglia, una radice!

Quanto differenti fra loro non si appalesano le singole parti per la forma, pel colorito, per la consistenza! Inoltre facilmente si scorge come queste parti abbiano uno scopo, una destinazione speciale, giacchè qualvolta si tolgano o la radice, o la corteccia, o le foglie, noi vediamo che in vario modo se ne risente tutta la vita dell'albero. Nè noi potremmo dalla semplice considerazione di quelle parti farci una giusta idea del tutto, ove questo ci fosse stato dianzi sconosciuto.

Più sorprendente riesce la nostra indagine se coll'aiuto di una lente spingiamo lo sguardo nella radice, nella corteccia, nelle foglie d'un albero; scorgiamo allora dei liquidi in movimento che ascendono e discendono, che svaporano, o che vi sono assorbiti. Nessuna specie di movimento da un luogo all'altro avvertiamo guardando la superficie d'un albero, d'un caule, d'uno stelo, che sia prodotto da questi liquidi. Ma il vento fa oscillare e piegare i rami e le cime d'una quercia, la quale di per se stessa sarebbe incapace di muovere una foglia. Il vento e il seminatore spandono le sementi sulla terra, mentre lo stelo che le produce rimane immobile nel posto ov'è spuntato.

Oggetti forniti di parti specialmente conformate e destinate a scopi distinti, ma privi di locomozione si appellano *piante*, e la scienza che ne tratta è la *botanica*.

Ma esistono eziandio in gran copia altri oggetti, i quali al pari delle piante non sono omogenei nella loro massa, che al par di esse sono forniti di parti in modo speciale configurate, destinate a particolari funzioni, e dotate nel loro interno di movimenti proprii, ma che tuttavia non possiamo ascrivere alla classe delle piante. Imperciocchè da queste si distinguono per un movimento libero ed esterno pel quale non soltanto possono mutare il sito e la posizione delle loro parti medesime, ma sì anche trasferirsi da un luogo ad un altro.

Questi *oggetti forniti di parti in modo speciale conformate e destinate a speciali funzioni, capaci di movimento spontaneo* si dicono *Animali*, e la scienza che ne tratta appellasi *Zoologia*.

Le parti che nelle piante e negli animali sono capaci di certe funzioni si dicono stromenti, o *organi*, e l'insieme degli organi d'una pianta o d'un animale costituisce l'apparecchio vitale. E infatti sono essi gli stromenti che servono alla manifestazione di quell'arcana forza che chiamasi *vita*, della quale varie sono le gradazioni, ma di cui manca affatto ogni traccia nei minerali.

VIII.

Anche la scienza dei fenomeni può esser distinta in diverse categorie. L'esperienza dimostra che qualora si esaminino tutti i fenomeni naturali, essi possono ridursi a tre gruppi, ognuno contrasegnato da speciali proprietà che ci piace di chiarire col mezzo di esempi.

Posto ch'io batta una campana con un martello, ne ottengo un suono; un suono parimenti produco strisciando sopra una corda tesa sovra una tavola. Un vetro lenticolare mi porge ingrandita l'imagine degli oggetti guardati traverso ad esso, come pure con esso posso raccogliere un raggio del sole, condensarlo in un punto, ed accendere col suo foco una sostanza combustibile. Ogni qualvolta un corpo levato in alto è abbandonato a se medesimo, si presenta il fenomeno del cadere; mediante la corda fortemente tesa d'un arco si comunica ad una fronda un movimento velocissimo, l'acqua riscaldata si converte in vapore, il quale nel raffreddarsi ridiventa acqua.

Abbiamo adunque tanti diversi fenomeni quali sono il *suono*, la *dilatazione*, l'*accensione*, la *caduta*, il *moto* e l'*evaporazione*.

Per quanto siano essi differenti tra loro hanno pur tuttavia qualche cosa d'analogo in ciò che non portano cangiamenti essenziali nella sostanza nella quale sono prodotti.

La campana e la corda che suonano, il vetro che rifrange, la pietra che cade, la corda dell'arco restano immutate. La stessa acqua che vaporizza e ritorna acqua raffreddando, non cangia per nulla le sue proprietà caratteristiche.

In simil guisa a noi si manifestano i corpi celesti, e i lor movimenti, i quali non iscorgonsi accompagnati da alcun cambiamento materiale.

Ora i *fenomeni senza mutazione degli oggetti che li producono si chiamano fenomeni* Fisici, *e la scienza che li studia chiamasi* Fisica.

Ben diversamente sono a considerarsi altri fenomeni che ora esamineremo.

Se io abbrucio un pezzo di carbone, di legno o di zolfo, tutti questi oggetti scompaiono dagli occhi miei compiutamente. Essi trasmutausi in uno stato, nel quale hanno perduto del tutto la

primitiva loro qualità. Se un miscuglio di sabbia e di potassa venga assoggettato ad un fuoco vivo e continuo, quelle materie si liquefanno e convertono in vetro, in cui non si lasciano più riconoscere le qualità dei due corpi. Più meraviglioso mutamento accade, allorquando riscaldiamo zolfo e mercurio misti insieme, perchè ambidue spariscono dall'occhio completamente, e in luogo dello zolfo giallo e dell'argentino mercurio abbiamo il vivace e rosso cinabro. A questi esempi potremmo aggiungerne migliaia della medesima specie.

I *fenomeni che si rivelano con essenziale cangiamento dei diversi corpi impiegati a produrli si chiamano* Chimici, *e* Chimica *è detta la scienza che se ne occupa.*

Finalmente havvi un terzo gruppo di fenomeni speciali che si appellano vitali perciò che appartengono agli esseri dotati di vita, quali sono le piante e gli animali. Tali sono p. e., l'accrescimento progressivo di questi esseri, il moto dei loro interni fluidi, l'ingestione e la digestione degli alimenti, ecc.

Fenomeni di questo genere negli oggetti dotati di vita si appellano Fisiologici *e* Fisiologia *la scienza relativa.*

Concludendo pertanto, le scienze naturali si possono classificare nel seguente prospetto:

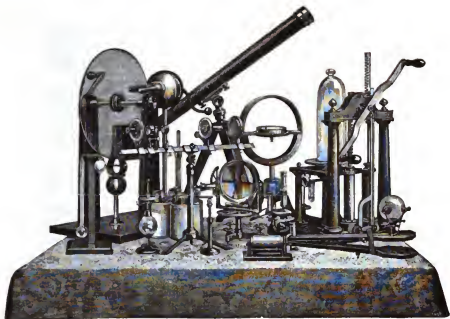
A) SCIENZE DEI FENOMENI		
1. senza cangiamento degli oggetti	2. con cangiamento degli oggetti	3. nei corpi vitali
FISICA	CHIMICA	FISIOLOGIA
B) SCIENZE DEGLI OGGETTI		
4. omogenei nella loro massa	5. Eterogenei nella loro massa e privi di moto volontario	6. Eterogenei nella loro massa e dotati di moto volontario
MINERALOGIA	BOTANICA	ZOOLOGIA

IX.

La successione in cui furono collocati questi diversi rami delle scienze naturali non è arbitraria nè indifferente: per gli studiosi provetti essa è la più confacente perchè si conforma più da vicino ai fenomeni ordinari, ed alle loro leggi visibili, e comuni a quasi tutti i corpi. Anche all'intelletto più svegliato torna più facile ed accessibile il ravvisare da principio i più grossolani contorni, e le più comuni verità, di quello che a prima vista penetrare nelle particolarità più minute. In questo caso l'istruzione comincia con maggior profitto dalla fisica ed astronomia a cui tien dietro la chimica, ed a questa è dato il necessario compimento della mineralogia. Contengonsi in queste quattro scienze le cognizioni preliminari che conducono alla botanica ed alla zoologia, che servono di guida alla fisiologia. E cosiffatto appunto è l'ordine da noi seguito nel *libro della natura*, disposto di guisa che ogni parte anteriore abbia a servire più o meno d'introduzione a quella che le succede.

Però sarebbe necessario seguire un altr'ordine quando si trattasse di giovanetti che s'iniziano in codesto studio; perciocchè il fanciullo afferra più facilmente gli oggetti a seconda delle loro forme e delle altre esterne apparenze, che non per mezzo delle forze e delle leggi che stanno a fondamento dei fenomeni, de'quali non acquista una chiara e retta idea se non con istento e fatica.

Coi fanciulli gioverà proceder sulle prime con una certa posatezza e pazienza nell'insegnamento zoologico, e trattenersi specialmente sugli insetti che costituiscono la materia per essi più abbondante ed eccitante, come quella che possono aver tra mani viva e in ogni stagione. Intanto che essi si avvezzano ad osservare ed a ritenere, col crescer negli anni, si può far passaggio alle piante ed ai minerali.

Soltanto in sui 14 o 15 anni essi sono in grado di studiare con profitto la fisica e la chimica, e come compimento si può offerir loro un nuovo prospetto dell'intero quadro della natura e dell'intima connessione delle cose studiate partitamente fino allora. Ma ciascun abile istruttore saprà trovar a ciò il metodo più addatto, e seguire con utilità la propria strada — *Ogni sentiero conduce alla meta, ma chi la vuole raggiungere non si sgomenti mai della difficoltà o lunghezza del cammino.*

FISICA

INTRODUZIONE

1. — La fisica è la scienza di quei fenomeni della natura che non sono accompagnati da verun cangiamento sensibile dei corpi in cui si osservano e dai quali sono prodotti.

La caduta d'una pietra, il suono d'una campana, l'ingrandimento prodotto da una lente sono fenomeni fisici pei quali non mutano affatto i corpi, come del pari la luce non produce cangiamento passando a traverso una vetrina, ed il calore non altera lo stato loro, se non in modo affatto passaggero.

La distinzione dei fenomeni fisici offre solo in apparenza una certa difficoltà, dov'essi si presentano congiunti con altri.

Il calore che si sviluppa nell'atto che il carbone s'abbrucia appartiene ai fenomeni *fisici*, intantochè i cangiamenti che quello soffre in quest'atto appartengono ai fenomeni *chimici*.

2. — Dalla prima infanzia l'uomo, mediante il suo sguardo, il suo tatto ed i movimenti delle sue membra, acquista la conoscenza delle cose che lo circondano, e, in una parola, l'idea della *estensione*.

La vista sola non basta a somministrargli questa cognizione, come ce ne dà prova un bambino che non ravvisa le cose nell'ordine delle distanze. Un cieco nato, che mercè operazioni oftalmiche abbia ricuperato la vista, non distingue più in quel momento stesso le distanze e l'estensione; tutti i corpi gli sembrano collocati sul medesimo piano, e dotati di eguale grandezza. Soltanto allora che si muove e li tocca, ottiene la cognizione di ciò ch'è vicino, e di ciò ch'è lontano.

L'esperienza ci porge oltrecciò il convincimento che l'estensione può esser seguita in tutti i sensi, cioè in *lunghezza*, *larghezza* e *profondità;* e che queste tre misure costituiscono i limiti dello *spazio*. Se col pensiero si prolungano queste misure indefinitamente in ogni senso, si acquista l'idea della *immensità dello spazio mondiale*. Naturalmente è più facile il farci un'idea del finito che non dell'infinito.

3. — Del pari sorge nell'uomo tanto rispetto alla moltiplicità che alla rinnovazione degli innumerevoli oggetti l'idea del *numero*, e per la semplice disposizione in serie quella del *tempo*. Per giudicare sia de' numeri sia del tempo, ci bastano alcuni punti fissi ed una certa abitudine senza la quale sarebbe impossibile che arrivassimo ad aver una nozione chiara così del tempo come dello spazio. Le nostre inspirazioni, i battiti del nostro polso, le vicissitudini del giorno e della notte, nonchè quella delle stagioni sono quei fenomeni che ci aiutano a misurare e ritenere il tempo.

Spazio, numeri e tempo sono perciò le nozioni comuni che acquistiamo mediante l'uso dei sensi e che sono di una importanza grandissima nello studio della natura. Il più intimo esame e lo svolgimento delle dette nozioni costituisce quella speciale scienza, che appellasi *matematica*.

4. — Ciò che occupa lo spazio è la *materia*. Se tutto lo spazio ne fosse ripieno, anche questa sarebbe infinita, e formerebbe collo spazio una cosa sola. Ma il fatto è diverso. La materia si trova soltanto in certi luoghi dello spazio, ed è perciò limitata. Qualsiasi porzione limitata della materia, qualunque ne sia il volume, chiamasi *corpo* od *oggetto*.

I corpi celesti, del par che la terra, altro non sono che porzioni limitate della materia, o per dire in una parola sono corpi; e la

loro estensione in confronto allo spazio indeterminato è estremamente piccola.

5. — Immaginiamo la materia tale qual è, e quale è destinata ad essere, e vedremo che non ha ragione in se medesima di produrre cangiamenti: che è quanto dire che essa resterebbe nel medesimo luogo, nel medesimo stato, sempre uguale a se stessa, in una parola rimarrebbe immutata, inerte, immobile, nè porgerebbe da sè alla nostra attenzione alcuno stimolo od occupazione con fenomeni originati dalle sue mutazioni. Bisogna adunque cercare fuori della materia stessa un'altra causa speciale di questi fenomeni, e a questa noi daremo il nome di *forza*.

Appelleremo quindi *forza di gravità* quella che produce il fenomeno notissimo del cadere a terra di un corpo non sostenuto nè sospeso.

Nello studio de' fenomeni fisici troveremo da una parte alcune forze la cui azione si manifesta anche ad enormi distanze, e dall'altra certe forze la cui azione non si palesa che in una vicinanza immediata. Esempio delle prime ci fornisce la reciproca attrazione che si esercita fra il sole, la terra e la luna, come eziandio la forza magnetica della terra stessa che comunica da per tutto all'ago magnetico una direzione determinata.

Esempio di quelle che operano a brevissima distanza abbiamo nelle forze alle quali i corpi sono debitori della loro coesione, della loro forma più o meno regolare, de' loro cangiamenti chimici e d'altri sì fatti fenomeni; e perciò le medsime vengono denominate *forze molecolari*. Esse son quelle, a cagion d'esempio, che alle particelle dell'acqua che agghiaccia danno la disposizione stellata elegante che ammiriamo in un fiocco di neve.

6. — Tutto il vasto regno dei fenomeni fisici possiamo ripartirli nelle seguenti *nove* sezioni:

1. Proprietà comuni dei corpi;
2. Stati speciali della materia;
3. Equilibrio e moto;
4. Suono;
5. Calore;
6. Luce;
7. Magnetismo;
8. Elettricità;
9. Metereologia.

I.

Proprietà comuni dei corpi.

7. — Siccome la fisica si occupa dei fenomeni de' corpi mondiali, è innanzi tutto importante che ci facciano in qualche modo un concetto della essenza dei corpi, la qual cognizione si consegue da prima studiando le proprietà comuni, appartenenti cioè a tutti per quantunque svariati essi sieno. Di tal natura sono: 1º l'*estensione*, 2º l'*impenetrabilità*, 3º l'*inerzia*, 4º la *divisibilità*, 5º la *porosità*, 6º la *compressibilità* e *distensibilità*, 7º la *gravità*.

8. Estensione. — Siccome la materia riempie certe parti dello spazio, non può esser a meno che abbia una estensione alla quale nello studio delle fisiche manifestazioni ci converrà riferirci, sempre che ci torni opportuno di conoscere quante volte la medesima sia prodotta o misurata in una data immagine.

Se noi la esaminiamo solamente in una immutabile direzione come linea retta, il mezzo per determinarla si denomina *misura longitudinale*. Si scorge facilmente come tanto per l'osservazione scientifica, quanto per gli usi pratici sia di grande momento lo avere una misura longitudinale comune e immutabile; cioè come occorra di stabilire la unità di questa misura in modo che se per avventura si fallisce o si perde sia sempre facile il riacquistarla:

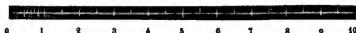
In Francia l'Accademia delle scienze commise ad alcuni de' suoi dotti membri l'incarico di cercare una siffatta misura, ed essi stabiliron di prendere per unità lineare una lunghezza corrispondente alla diecimilionesima parte d'un quarto del meridiano terrestre (ossia d'un gran circolo che passa pei due poli della terra e la divide tagliando ad angoli retti l'equatore) e la denominarono *metro*, che equivale in greco a *misura*.

E qui gioverà notare che il metro legale, secondo i calcoli istituiti da Delhambre e Wan-Swieden è uguale a tese 0,51330740, ossia a linee 443,295936 del piede parigino.

Per esprimere poi le lunghezze maggiori si stabilì di premettere al nome d'ogni unità di misura le parole greche *deca*, *etto*, *chilo*, *miria* che esprimono *dieci*, *cento*, *mille*, *diecimila*. Invece premettendovi le voci *deci*, *centi*, *milli*, tolte dal latino, s'indicano le parti *decime*, *centesime*, *millesime* di ciascuna unità.

Specchio delle misure metriche.

Miriametro, o lega marittima .	10000	metri.
Idem lega postale . . .	4000	—
Chilometro, o miglio metrico . .	1000	—
Ettometro	100	—
Decametro	10	—
metro	1	—
decimetro, o palmo metrico . .	0,1	dimimetro
centimetro, o dito	0,01	—
millimetro, o atomo	0,001	—
diecimillimetro	0,0001	—

(Fig. 1. Decimetro diviso in centimetri e millimetri.

Negli usi ordinari il millimetro è la più piccola delle misure, la quale stabilita che sia, può egregiamente servire al confronto di tutte le altre.

In altri paesi l'unità di misura è il *piede*, che si divide poi in 10 o 12 *pollici* ed ognuno di questi in 10 o 12 *linee*.

Paragone delle misure de' varii paesi.

	piede	pollici	linee	millim.
Granducato d'Assia	1	10	100	250
Sassonia	1	12	144	283
Francoforte sul Meno	1	12	144	284
Brunswig	1	12	144	285
Würtemberg e Amburgo . . .	1	10	100	286
Assia Elettorale	1	12	144	287
Baviera	1	12	144	291
Annover	1	12	144	292
Baden	1	10	100	300
Inghilterra	1	12	144	304
Prussia e Reno	1	12	144	313
Austria	1	12	144	316
Parigi	1	12	144	324

La misura *decimale* è quella in cui l'unità di confronto è divisa in 10 parti uguali, com'è p. e. il metro, ed il piede di Baden, e l'Assiano, laddove quella ch'è divisa in 12 si appella *dodicimale*, com'è il piede di Parigi e quello d'Austria.

Una superficie piana estesa nelle due direzioni di lunghezza e larghezza si misura in *superficie* od in *quadratura*.

Certe parti d'uno spazio, quali sono i vacui che si trovano nei corpi, sono misurate da quella del corpo stesso ossia dalla misura *cubica* di esso e si arguisce da questa il *vacuo contenuto*, o in altri termini, il *volume*.

Divisione e designazione delle misure.

Segni — MISURA DECIMALE

1 *piede* (1′) = 10 pollici (10″) = 100 linee (100‴)
1 pollice (1″) = 10 linee (10‴)
1 *piede quadrato* (1 □′) = 100 poll. quadr. (100 □″) = 10000 linee q. (10000 □‴)
1 *piede cubico* (1 cub ′) = 1000 pollici cubici (1,000 cub ″) = 1,000,000 linee cubiche (1,000,000 cub ‴)
1 pollice cubico (1 cub ″) = 1,000 linee cubiche (1,000 cub ‴)

MISURA DODICIMALE

1 *piede* (1′) = 12 pollici (12″) = 144 linee (144‴)
1 pollice (1″) = 12 linee (12‴)
1 *piede quadrato* (1 □′) = 144 pollici q. (144 □″) = 20736 linee q. (20736 □‴)
1 pollice quadrato (1 □″) = 144 linee quadrate (144 □‴)
1 *piede cubico* (1 cub ′) = 1728 pollici cubici (1728 cub ″) = 2,985,984 linee cubiche (2,985,984 cub ‴)
1 pollice cubico (1 cub ″) = 1728 linee cubiche (1728 cub ‴)

Un esercizio semplice ed utile è l'esatta misurazione di certe superficie e spazi conosciuti, quali sarebbero p. e, la stanza vacua, ed alcuni oggetti in essa contenuti, imprimendosi in memoria i numeri risultanti.

Fig. 2. Fig. 3.

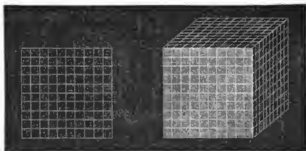



Fig. 2 è un pollice quadrato diviso in misura decimale Assiana.
Fig. 3 rappresenta un pollice cubico diviso in linee cubiche.

Queste proporzioni si possono tradurre in qualunque altra misura.

9. — Il posto che la materia occupa nello spazio è occupato mediante la sua *impenetrabilità*. Nello spazio occupato dalla Terra, non può entrare e trovarsi un altro corpo celeste contemtemporaneamente, come del pari ove esiste un monte, una pietra, o checchessia, non può coesistere ad un tempo un altro corpo qualunque.

Gli ostacoli che incontriamo nel muoverci che facciamo in una data direzione, non sono che conseguenze della impenetrabilità dei corpi, i quali si trovano sul nostro cammino.

L'aria riempie anch'essa lo spazio che circonda la terra, ed è del pari impenetrabile, come parte della materia e come corpo. Questa proposizione merita prove che la dimostrino. Prendendo un bicchiere, e immergendolo capovolto nell'acqua, l'acqua non entra a riempierlo intieramente per quanto io ve lo affondi, perchè l'aria che vi si trova dentro, essendo impenetrabile, si comprime fino ad un certo punto, oltre al quale non lascia luogo all'acqua di entrarvi. La possibilità che ebbero gli uomini di approfondarsi fino al fondo del mare mediante la campana del palombaro è dovuta a questo solo principio.

Il discendere della campana fino al fondo del mare è facile a spiegare. Se ad un pezzo di sovero che nuota sopra un vaso d'acqua si sovrappone un bicchiere capovolto, e adagio adagio lo si affonda, si vede il sovero scendere sott'acqua fino al fondo, ed estraendo il bicchiere ritornare a galla, senza che la sua superficie sia rimasta bagnata.

Fig. 4.

Lo sperimento del palombaro ha conseguito un grande perfezionamento mercè i progressi della meccanica e della chimica, essendosi trovato modo d'espellere l'aria corrotta dallo interno del recipiente resa irrespirabile, e di sostituirvi aria fresca e pura.

Un vaso *vuoto* nel senso volgare è adunque sempre pieno di materia, cioè d'aria, e soltanto quando noi allontaniamo questa, o la smuoviamo, possiamo far entrare un'altra materia, p. e. acqua, in quel luogo che essa occupava.

10. — In tutta la natura non si dà cangiamento in un corpo che non sia prodotto da forze speciali. I corpi mostrano una ten-

denza a mantenere immutato lo stato in cui si trovano, e questa proprietà è ciò che chiamasi *forza d'inerzia*. Per essa un corpo in istato di riposo resta in riposo finchè una forza estranea non lo ponga in movimento: e quando comincia a muoversi, per le leggi della medesima forza, continua il suo movimento finchè non venga arrestato da forze contrarie estrinseche. L'influenza dell'inerzia sui fenomeni del moto sarà da noi più sotto dimostrata.

11. Divisibilità. — Ogni corpo si può con acconci mezzi dividere in parti minori. La pietra più dura può essere ridotta in polvere da un carro che vi ruoti sopra, come i grani sono ridotti in farina dalla mola, i metalli dalla lima in raschiature, o dal martello in iscagliette nonchè tirati in fili più sottili d'un capello.

L'acqua contenuta in un vaso si può dividere facilmente in goccie, ognuna delle quali noi possiamo con un pennello distendere sopra un gran piano. Dopo alcun tempo la superficie bagnata s'asciuga, perchè l'acqua svaporò distemperata in goccioline così minute da non poterle più ravvisare coll'occhio.

La divisibilità è adunque una proprietà comune dei corpi, dei quali si effettua la *divisione* o col mezzo di strumenti, ed allora è detta *meccanica*, o mediante le forze della natura ed allora appellasi *fisica*.

Fino a qual punto essa possa essere spinta, si rileverà meglio con esempi. Prendiamo per base di confronto la misura minima d'un *millimetro*.

Esistono già preparati dal lavoro della natura corpi di un esiguità sorprendente. Il baco da seta produce un filo che non supera la centesima parte di un millimetro in grossezza; la pelurie della talpa e del castoro è quasi della stessa finezza; un granello di quella polvere nera che costituisce la malattia del carbone nell'orzo è minore di circa una metà; un granello di polvere di licoperdo è ancora più tenue. Le arti del battiloro, del filaloro, dell'indoratore, del tintore ci somministrano altre molte e svariate prove dell'estrema minutezza delle particelle in cui possono essere ridotti i corpi solidi. E tuttavia queste particelle impalpabili, ottenute coi mezzi meccanici, possono ulteriormente esser suddivise quando si sciolgano in un liquido per guisa da rendersi affatto indiscernibili anche al più valido microscopio. Sciogliete p. e. un grano di sale in un bicchier d'acqua, e avrete in ogni goccia di essa che estrarrete colla punta d'un ago una porzioncella di sale. Le materie odorose poi forniscono esempi d'una divisibilità che supera l'immaginazione. Un bricciolo di muschio da voi conservato in una stanza spanderà il

suo profumo e lo comunicherà a tutta l'aria che in essa contiensi e che vien rinnovata per un tempo indeterminato, senza perdere nulla del proprio peso.

Ma ancor più maravigliosi riescono i fatti di questo genere offerti dall'organismo dei corpi viventi, allorchè si esamini col sussidio d'un buon microscopio. I diversi organi degli animali sono formati da un dilicatissimo intreccio di filamenti, di fibrille, di vescichette, di canaletti; in questi scorrono liquidi entro ai quali nuotano certi globetti, la cui grossezza non arriva al millesimo di millimetro. Esistono poi numerose specie di animaletti microscopici, il cui volume, tuttochè forniti sieno di organi e d'involucri, non arriva nemmeno a quello degli anzidetti globuli.

Per quanto straordinariamente minute siano queste particelle nelle quali la materia può esser divisa, esse mostrano pur sempre con una quantità di fenomeni certi ed evidenti che la divisibilità dei corpi non può essere seguitata fino all'infinito, ma fanno ritenere, che ciascuno di essi è composto di molecole indivisibili, che si chiamano *Atomi*.

Vi sono lenti d'ingrandimento capaci di ampliare fino 1200-1600 volte un oggetto; ma dai fatti risulta che codesti atomi devono essere più minuti di qualsiasi oggetto anche invisibile colle predette lenti.

Ammesso questo principio, ne segue che la massa d'un corpo è in proporzione del numero dei suoi atomi, e che le sue proprietà dipendono tanto dalla natura quanto dalla disposizione di questi. Sulla qual cosa avremo a trattenerci più volte nel seguito e a dedurne conseguenze importanti.

12. Porosità. — Le minute aperture della pelle da cui trapelano il sudore e la traspirazione sono dette *pori;* e da questi si è preso argomento a denominare *poroso* un corpo, entro i cui interstizj penetri l'acqua o l'aria o altra materia liquida o aeriforme. Siccome poi tutti indistintamente i corpi, anche più compatti, hanno le ultime particelle disposte in modo da lasciar frammezzo ad esse dei piccoli spazj privi della materia che li costituisce, così la *porosità* fu annoverata fra le proprietà generali dei corpi.

I corpi, sovratutto appartenenti al regno organico, quali sono le spugne, il legno, il carbone, la mollica del pane, mostrano a primo aspetto i piccoli vani che in essi son contenuti. In altri per contro la porosità si manifesta soltanto in certe circostanze. Se si fa per es. una palla cava di ferro, d'oro, o d'altro metallo tenace e la si riempie d'acqua, chiudendola fermamente, se ne

vede sotto una pressione violenta trasudar l'acqua in goccioline a traverso i pori del metallo.

Il vetro e qualche altro corpo non lasciano scorgere in nessuna occasione il passaggio dell'aria o dell'acqua; tuttavia è da credere che tale resistenza che essi oppongono sia dovuta ad una particolare disposizione delle loro particelle, anzichè a mancanza di interstizj, ma infino a tanto che si stanno studiando argomenti per provare che anche questi corpi hanno i loro spazietti vuoti, è tuttavia d'uso di considerar come porosi quelli soltanto che presentano tali proprietà nelle circostanze anzidette.

13. Dilatabilità e Compressibilità. — Lo stesso corpo non riempie sempre una medesima estensione nello spazio, perchè colla compressione e col raffredamento si impicciolisce, mentre colla espansione e col calore si ingrossa. La compressibilità serve di prova e conferma della porosità; perchè se nella massa d'un corpo vi sono interstizj, è chiaro che sotto una forte pressione le sue particelle debbono ravvicinarsi, occupando una parte dei vuoti, e diminuendosi così il volume del corpo stesso.

Infatti non s'è trovato finora corpo veruno, il quale mediante una compressione non possa venire rimpicciolito. E certamente esso diventa tanto più compatto quanto la pressione è maggiore, e la resistenza ch'esso oppone è in ragione diretta della continuazione della medesima.

L'esperienza ci chiarisce come l'aria sia il corpo che si mostra più compressibile, mentre l'acqua ed altri liquidi lo sono in grado minimo. Ove si volesse comprimere solo un 20 pollici d'acqua entro un cannone che avesse le pareti grosse 3 pollici (8 cent. circa), in guisa da ridurre quella ad uno spazio di 19 pollici, il cannone stesso scoppierebbe prima che si ottenesse un tal effetto.

I corpi molto porosi invece si lasciano naturalmente comprimere in modo considerevole, come avviene altresì dei metalli sotto la percussione d'un martello e col conio, nel qual caso assumono un volume minore, nè da ciò si sottragge in modo assoluto lo stesso vetro, malgrado la esiguità dei suoi interstizj.

Sotto il nome di *dilatabilità* s'intende la proprietà di aggrandire questi interstizj per l'influenza del calore e di una scemata pressione. Il volume del corpo si può dire che s'accresca in ragione diretta del suo riscaldamento.

Più evidente si rivela una tal proprietà in quei corpi che sotto il più forte calore non subiscono quello che si chiama *fusione*, come sono l'aria e l'acqua. Un piede cubico d'acqua quando si riscaldi

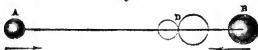
fino al punto dell'intiera svaporazione, prende uno spazio di 1700 piedi cubici.

14. Gravità. — *Tutti i corpi s'attraggono vicendevolmente con una forza rispondente alla loro massa, che appellasi gravità o gravitazione.*

Prendiamo per supposto le due masse *A* e *B* perfettamente uguali

Fig. 5.

di volume, ed uguali anche nella forza d'attrazione, e supponiamo che nessun'altra forza si opponga a questa, o la disturbi, è chiaro che esse con eguale velocità si avvicineranno al centro *M* toccandosi fra loro. Se invece la massa *B* (fig. 6) è doppia di *A*, l'attrazione esercitata da *B* sopra *A* sarà del pari doppia di

Fig. 6.

quella di *A* su *B*, e intantochè si accosteranno fra loro, *A* dovrà percorrere uno spazio maggiore; cioè verrà a toccare l'altra in *D* che è il terzo di più della distanza. La più piccola massa adunque lascia dietro di sè uno spazio più grande, e di tanto maggiore, quanto più la differenza delle due masse è sensibile, come vediamo nella fig. 7, in cui *A* è come 1, e *B* come 100. Il movimento di quest'ultimo diviene allora sì piccolo, che confina colla immobilità a paragone dell'altro che lo avrà molto celere. Da ciò abbiamo la spiegazione d'uno de' più frequenti fenomeni, cioè della *caduta* dei corpi, dacchè rispetto alla terra tutti i corpi che si trovano sulla sua superficie sono immensamente più piccoli, e vengono

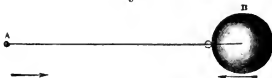



Fig. 7.

attratti da essa con grandissima forza. La gravità perciò è la causa della *caduta* dei corpi, e l'osservazione ha dimostrato, che se il tempo che impiega un corpo a cadere è di un secondo, egli lascia dietro a sè uno spazio di 4 metri.

Fig. 8.

Si sospenda un corpo (quale sarebbe p. e. un pezzo di piombo) ad un filo: egli non può cadere, ma segna soltanto la direzione lungo la quale è tirato dalla sua gravità (fig. 8). Questa direzione è detta *verticale*, e *filo a piombo* il mezzo adoperato ad esplorarla: la direzione poi che taglia la verticale ad angolo retto, chiamasi *orizzontale*, qual è p. e. quella dell'acqua in istato di quiete.

15. Legge di gravitazione. — Se si prolunga la direzione che prende un filo a piombo, si ottiene una linea che conduce al centro della terra; e siccome questo da qualunque punto della superficie può essere raggiunto, così può dirsi che la somma delle attrazioni della terra sta nel suo centro, il quale ben fu detto da Dante ..... *il punto Al qual si traggon d'ogni parte i pesi*. (Purg. 11, v. 70). (Fig. 9) *E*. Ogni corpo nella superficie di lei si trova adunque distante dal centro d'attrazione quanto è lungo il raggio della terra *r*, e vi viene attratto con una forza che può essere calcolata da un percorrimento di caduta di 15 piedi in un secondo. Se non che coll'aumentar delle distanze l'attrazione non conserva più la stessa energia, sì bene questa diminuisce quanto più ci allontaniamo dal centro. Una tale diminuzione della gravità ha luogo, secondo una legge particolare così definita. La forza della gravità nella distanza 1 dal centro della terra rappresenta un tratto di spazio percorso nella caduta, uguale a 15 piedi; in una distanza come 2 è di $\frac{15}{4}$ in 3 = $\frac{15}{9}$ in 4 = $\frac{15}{16}$ e via discorrendo con una progressione rappresentata da una frazione, il cui numeratore è 15; il denominatore si ottiene col moltiplicare le distanze con se medesime. Quindi: *la gravità decresce in proporzione dei quadrati delle distanze.*

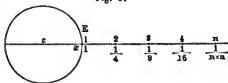



Fig. 9.

Da ciò è facile argomentare come nelle più alte montagne lo spazio della caduta percorso in un secondo non sia con tutta precisione lo stesso di quello che è percorso in pianura, pur tuttavia siccome anche le montagne più elevate sono, in paragone della massa della terra, nulla più che rilievi incalcolabili, così essi non possono avere una sensibile influenza sulla celerità delle cadute.

16. Caduta in ispazj vuoti. — Siccome la gravità opera tanto sopra le singole particelle della materia, quanto sopra molte riunite, così tutti i corpi devono cadere colla identica velocità, sieno piccoli o grandi nella loro massa. Infatti ciascuna delle molecole di cui componesi il corpo è spinta nel discendere da una medesima forza, e quindi tanto effetto producono cento gradi di forza applicati a muover cento molecole, quanto un grado solo a farne muovere una.

Vediamo peraltro che un foglio di carta, una piuma, una pagliuccia giungono a terra dalla stessa altezza assai men presto di una pietra, o d'una palla di piombo. La causa di ciò sta unicamente nella maggior resistenza dell'aria che opponesi a quelle, perchè se si lasciano cadere nel vuoto, presentano la stessa velocità di queste ultime. Non fa bisogno di macchine per averne una prova convincente. Si lasci cadere una moneta in maniera che debba percuotere il suolo con una delle sue facce, e sopra la moneta si ponga un dischetto di carta alquanto minore; siccome la moneta rompe essa l'aria, e vince l'ostacolo che questa oppone, così il dischetto non avrà da superare alcuna resistenza, e troverassi in condizione come se l'aria non esistesse. Or bene noi vedremo che la carta accompagnerà la moneta, quasi vi fosse attaccata, ed arriverà a terra nell'istesso istante di quella, sebbene ove si lasci cader da se sola, v'impieghi un tempo maggiore.

La sorprendente celerità che un corpo cadente va acquistando del continuo formerà soggetto di più ampie dimostrazioni.

17. Peso. — Siccome ogni particella d'un corpo è attratta dalla terra, così esso deve esercitare una pressione sovra la superficie su cui poggia. Siffatta pressione complessiva di tutte le particelle si chiama *peso*: quindi quanto più di particelle o quanto più di massa possiede un corpo, tanto il suo peso è maggiore.

Si possono paragonare le masse o i pesi di due corpi collocandoli alle due estremità d'una leva a braccia eguali; se questa rimane in equilibrio, i pesi sono uguali; se non lo sono, la leva cade da quel lato in cui il peso è maggiore.

Uno stromento simile si chiama *bilancia*.

18. — La parola peso si usa inoltre per indicare quella determinata unità di misura che in ciascun paese, mediante esatte bilancie, viene stabilita affine di paragonare ed esprimere le masse dei corpi.

Nelle ricerche scientifiche il *gramma* è l'unità di peso di confronto. Questo si ottiene riempiendo d'acqua alla temperatura di 4 gradi un picciolo recipiente, il quale abbia la capacità d'un centimetro cubico (fig. 10).

Fig. 10.

Così quando dico: il tal corpo ha il peso di 80 grammi, intendo che posto sul piattello d'una bilancia, il suo peso è uguale a quello d'un vaso di 80 centim. cubici pieno d'acqua, collocato sull'altro piattellò. È quindi chiaro che ponendo dei piccoli pezzi metallici appositamente formati, ognuno dei quali pesi quanto un centim. cubico d'acqua, avrò maggiore facilità nella mia operazione. Il numero dei grammi e delle libbre costituisce il *peso assoluto* d'un corpo.

Nel commercio di molti paesi, l'unità comparativa del peso è comunemente la *libbra*. Sebbene fosse più comodo che in ogni paese questa avesse la identica grandezza, ciò non si avvera nel fatto.

1	Libbra o Funto è di	560	grammi	in Austria e Baviera.
1	Idem	500	—	in Prussia e negli Stati dello Zollverein, (la Baviera, l'Ass'a Elettorale eccettuate).
1	Idem	481	—	in Amburgo.
1	Idem	467	—	in Assia Elettorale.
1	Idem	453	—	in Inghilterra.
1	Chilogramma è di	1,000	—	in Francia ed in Italia.

Le misure di peso secondo il sistema metrico decimale che è il più comodo e razionale, sogliono distinguersi come segue:

Tonnellata metrica	1000 chilogrammi.	
Quintale metrico	100 —	
Miriagramma o rubbo . . .	10 —	10,000 gr.
Chilogrammo o libbra . . .		1000 grammi
Ettogrammo od oncia . . .		100 —
Decagrammo o grosso . . .		10 —
Grammo o denaro		1 —
decigrammo o grano . . .		0,1 grammi
centigrammo		0,01 —
milligrammo		0,001 —

19. Densità. — Se si pone sovra uno dei bacini della bilancia un pollice cubico di acqua, e sull'altro un pollice cubico di piombo, la bilancia non resta certo in bilico, ma per ottenere che vi resti,

si avrà mestieri di mettere invece d'uno, undici pollici cubici d'acqua. Se invece si avesse un pollice cubico di mercurio, ne occorrerebbero 13 d'acqua, se d'oro, 19.

Per contra, posto un pollice cubico d'acqua da un lato, e dall'altro altrettanto spirito di vino, si troverà per ottenere il bilico, esser bisogno o di scemare l'acqua o d'accrescere la dose dello spirito. Per l'olio di trementina, di papavero o d'altra specie si dovrà fare altrettanto.

Da ciò si deduce chiaramente che diversi corpi i quali occupano uno spazio uguale posseggono tuttavia una differente quantità di particelle; le quali mentre si suppongono più o meno fra loro avvicinate, danno a conoscere, che in identiche misure di spazio in corpi diversi formano disformi masse, e danno ai medesimi una condensazione diversa.

Un pollice cubico di piombo mostra di contenere 11 volte più di massa che un pollice cubico d'acqua, e perciò pesa 11 volte di più che questa. L'alcool e certi olj invece sono meno condensati dell'acqua.

Nel linguaggio comune si chiamano *leggieri* quei corpi che proporzionatamente hanno volume maggiore, e minor massa, come è p. e. il sughero.

Si paragonò la densità della più gran parte dei corpi fluidi o solidi coll'acqua ed il *numero di volte che un pollice cubico d'un dato corpo segna nel suo peso, a confronto di quello d'un pollice cubico d'acqua, si è denominato peso specifico del corpo stesso.* Noteremo qui i numeri dei corpi più conosciuti.

CORPI	PESO specifico	CORPI	PESO specifico	CORPI	PESO specifico
Sughero	0, 240	Acqua	1, 000	Diamante	3, 520
Pioppo (legno secco) .	0, 383	Acqua marina . .	1, 026	Spato pesante . .	4, 426
Tiglio (legno) . . .	0, 439	Latte.	1, 030	Cromo.	5, 900
Abete, id.	0, 555	Legno di quercia .	1, 170	Antimonio	6, 712
Faggio, id.	0, 590	Fosforo.	1, 826	Zinco	7, 037
Noce, id.	0, 677	Acido solforico . .	1, 848	Ferro (di fucina) .	7, 788
Etere, id.	0, 713	Avorio	1, 917	Acciaio	7, 816
Spirito di vino . .	0, 793	Zolfo.	2, 033	Ramo (di fucina) .	8, 878
Potassa	0, 865	Arenaria	2, 350	Bismuto	9, 822
Olio di trementina	0, 872	Basalto	2, 600	Argento	10, 474
Ghiaccio	0, 916	Vetro da bottiglie .	2. 660	Piombo	11, 352
Olio di papavero .	0, 929	Aluminio (di fucina	2, 670	Mercurio.	13, 598
Soda	0, 972	Marmo	2, 717	Oro	19, 325
Vino del Reno . .	0, 999	Granito	2, 800	Platino	22, 100

20. Determinazione della densità. — Da queste premesse s'intende come due cose debbansi accertare per istabilire il peso specifico d'un corpo, cioè: 1 il suo peso assoluto. 2 il peso d'un egual volume d'acqua. Dividendo il primo per quest'ultimo, si ottiene il peso specifico del corpo.

Nei liquidi la difficoltà è minore.

Supponiamo che si voglia stabilire il peso specifico dell'acido solforico; si pesan da prima in un vasetto di vetro a collo ristretto 1000 grani d'acqua, colla debita precisione, e si fa un segno sul collo stesso a livello dell'acqua, la quale si versa poscia, per sostituirvi all'identica altezza l'acido solforico; quando si torni a cercar il peso del liquido si troverà che esso sarà di 1848 grani, quindi sarà $\frac{1848}{1000} = 1848$ la formula del suo peso specifico.

Quando si tratti di corpi solidi, come fu espresso al § 20, sogliónsi fare dei piccoli cubi eguali di piombo, di legno, di zolfo, ferro, oro, ecc., e se ne paragona il peso con eguali recipienti cubici pieni d'acqua. Però, astrazione fatta dalla difficoltà di fabbricare cubi perfettamente uguali ed atti a porgere esatti rapporti, si può valersi d'un altro processo per calcolare il volume di un qualunque corpo di qualunque forma e grandezza, colla massima precisione, per desumerne poscia e fissarne il vero peso specifico. Descriveremo in più opportuno luogo questo particolare procedimento, di cui si fa uso per esperimentare la densità dei *corpi aeriformi.*

21. Uso. — Se si domandi di qual utilità può tornare la conoscenza degl'indicati numeri, sarà facile dimostrare com'essa serva a più d'uno scopo, e valga un esempio:

Se è vero che ogni corpo sotto identiche condizioni possiede costantemente l'identica densità, è certo che in ciò si ha il più importante criterio per distinguerlo dagli altri. Allorquando uno mi volesse vendere un pezzo di ignobil metallo per argento puro, converrebbe che un pollice cubico di esso (*assiano*) pesasse esattamente 10,474 *loti*. Una densità minore dinoterebbe mescolanza di rame; una maggiore, indicherebbe miscuglio di piombo. Se io ordinassi una travatura di quercia, il cui peso dovesse essere di 1170 libbre, è certo che se il fabbricatore adoperasse invece l'abete, quella non peserebbe che sole libbre 555. Una bottiglia che piena d'acqua pesasse 10 libbre, ne conterrebbe 18 di acido solforico, e così discorrendo.

II.

Stati particolari della materia.

22. — Nel § 11 fu accennato che noi dobbiamo raffigurarci la materia siccome un aggregato di particelle, dette atomi. Dato che questi fossero uguali in tutti i corpi perfettamente, non si avrebbe che una materia sola. Ma vi sono atomi, i quali la chimica ci ha dimostrato diversi tanto per intima essenza, quanto altresì per l'azione che esercitano gli uni sugli altri.

Oltre le differenze che provengono dalla diversa natura degli atomi, osserviamo anche una diversità nello stato loro, vale a dire nella maniera d'unione reciproca delle particelle, e di ciò un esempio notissimo ci porge l'acqua secondo che si trova in istato *solido*, o *liquido*, o *gasiforme*.

Ciò è quello che chiamasi col nome di *stato di aggregazione*, e che dipende dall'azione delle forze molecolari sovra le particelle dei corpi e dall'influenza del calorico.

23. Coesione. — Quando tentiamo disgiungere le particelle di un corpo qualunque, a ciò fare incontriamo una più o men grande resistenza. Questa viene attribuita ad una certa forza molecolare alla quale fu dato nome di *coesione*.

Proprietà singolare della medesima si è che dessa non ispiega la propria azione se non ad una *distanza minima, incommensurabile;* perciocchè se rompiamo un pezzo di metallo, o di legno, o di vetro, la coesione viene a cessar solamente al luogo della rottura, ma poi ivi non riprende la sua azione per quantunque si lascino avvicinate le superficie divise, tranne fosse il caso di sostanze facilmente mobili, come sarebbero i liquidi, i quali possono più intimamente ravvicinarsi, e con ciò riprendere la loro coesione reciproca.

La forza di coesione delle particelle d'un corpo è subordinata al calorico, cioè diventa tanto minore quanto più questo aumenta. Se la materia che attualmente compone la terra nel suo complesso fosse, per supposto, duemila volte più calda dell'acqua bollente, sarebbe tolta ogni coesione fra le molecole della materia stessa. Se per l'opposto fosse fredda, alcune migliaia di volte di più, le

particelle diventerebbero tanto fra loro coerenti da non poter essere disgiunte con verun mezzo meccanico.

Il calore della nostra terra è tale che le sue gradazioni non possono produrre sì enormi conseguenze. I corpi d'una determinata forma, difficilmente decomponibili nelle loro particelle, sono perciò da noi chiamati *duri* o *solidi;* altri facilmente divisibili sono detti *liquidi*, e perciò privi di forme proprie, e prendono quelle dei recipienti che li contengono. I corpi finalmente che hanno le particelle così disgiunte dal calorico da averne tolta ogni coesione, son detti *aeriformi*, o *gasiformi*, e perciò oltre al mancare di forma propria, mancano anche di determinato volume, perchè possono, secondo il grado di pressione, essere ad arbitrio impiccioliti o ingrossati.

Oltre al calore, ha influenza la disposizione delle particelle stesse sulla forza di coesione. È noto che il legno si divide più facilmente nel senso della lunghezza che in quello della grossezza: l'acciaio indurito è più friabile del battuto.

Le espressioni colle quali soglionsi indicare i diversi gradi di coesione d'un corpo, quali sono *duro*, *rigido*, *tenace*, *molle*, *duttile*, *pastoso*, *denso*, *fluido* o *liquido*, non abbisognano di ulteriore schiarimento.

24. Cristallizzazione. — Una speciale proprietà della forza da cui dipende la coerenza dei corpi si è quella di congiungere le minime molecole della materia con una determinata disposizione regolare, per la quale si producono corpi limitati da faccie, spigoli ed angoli, che si chiamano *cristalli*. La neve, i sali, lo zucchero candito possono servirci d'esempio.

Una quantità di cause, e in ispecie l'intervento di altre forze possono disturbare il processo della cristallizzazione, e ne terremo parola altrove.

25. Elasticità. — Quando un corpo viene compresso da una potenza esterna, le sue particelle mostrano una tendenza più o meno manifesta a riprendere la loro posizione primitiva. Questa tendenza dicesi *elasticità*, e si manifesta sovratutto in certi corpi che ebbero appunto il nome di *elastici*. Ma non tutti la possiedono indistintamente in egual grado. Una data quantità d'aria p. e. ripiglia all'istante, e perfettamente, il volume che aveva, sebbene sia stata compressa con doppia forza e ripetutamente; locchè dimostra che dessa è perfettamente elastica. Molto sono elastici altresì il cauciù, le penne e i capelli, i fanoni di balena, alcune specie di leghe e metalli, e sovra tutti l'acciaio.

In parecchi altri corpi, come sarebbero i liquidi, e la creta, la elasticità è appena sensibile o soltanto si mostra in determinate circostanze.

Se si spalma una lastra di marmo con nerofumo, e le si sovrappone adagio adagio una palla d'avorio, questa non riceve che un piccolo punto nero nel sito di contatto. Lasciandola invece cadere sulla tavola acquista una macchia rotonda e nera la quale si fa tanto più grande quanto più è caduta dall'alto. Ciò prova che la palla nell'urto della caduta si è alquanto appiattita, e poscia ha ripreso, in forza della sua elasticità, la forma primiera sferica.

L'arco, la balestra, usate dagli antichi cacciatori e guerrieri devono la loro azione a questa forza.

La più estesa ed utile sua applicazione trovò luogo nella meccanica, e sono appunto denominate *molle* od *elastici* i fili o le lamine di ottone e di acciaio di che si fa uso in tanti meccanismi come potenze motrici. Per esse scattano fucili, serrature e coltelli da tasca, e le spirali dei nostri materassi, e delle carrozze servono a togliere la rigidezza a codesti arnesi, ma in nessun stromento essa si rende più evidente che nelle molle per le quali si ottiene il moto spontaneo degli orologi.

26. Tenacità. — È la forza di resistenza che oppongono i corpi alla separazione delle loro molecole. Essa è conseguenza della coesione, ma si manifesta con fenomeni di diverso genere che la fecero distinguere in *resistenza assoluta* o *tenacità*, in *resistenza relativa* e in *resistenza assoluta negativa*. Quando un corpo è tirato per una delle sue estremità o per tutte due nel senso della lunghezza, come sarebbe il caso di una fune attaccata ad un chiodo e caricata da pesi, si mette in esercizio la resistenza assoluta; quando un corpo è premuto da forze che tendono a spezzarlo, come sarebbe il caso d'un trave appoggiato a due pilastri, e caricato di pesi nel mezzo, si esercita la resistenza relativa; quando finalmente il corpo è premuto da forze che vorrebbero schiacciarlo, come avviene ad una colonna che è premuta dal peso del sovrastante edifizio, si ha la resistenza assoluta negativa.

La cognizione di queste resistenze nei diversi materiali è importantissima in vari usi pratici, e sovratutto nelle costruzioni delle fabbriche, nelle industrie meccaniche. Dalle sperienze istituite si potè determinare la quantità di peso che è necessaria a determinar la rottura dei corpi seguenti:

Metalli e lor composti	Ferro in fili	60	chilog. per ogni millimetro quadrato
	Ferro in sbarre	55	id.
	Lamiera di ferro	36 a 40	id.
	Acciaio in sbarre	55	id.
	Ghisa	14	id.
	Rame laminato	21	id.
	Ottone	12,6	id.
	Piombo laminato	1,35	id.
	Vetro in verghe	2 a 3	id.
Legni nel verso delle fibre	Bosso	1400	chilogrammi ogni centimetro quadrato
	Frassino	1200	id.
	Abete	900	id.
	Faggio	800	id.
	Quercia	700	id.

Nelle circostanze in cui convenga da questi dati desumere una norma pratica, basta, per assicurarsene, impiegare soltanto il terzo delle accennate forze di trazione.

27. — Per *tenacità relativa* abbiamo detto che s'intende la resistenza che oppone un corpo alla propria rottura. Per determinarla si sono inventati diversi processi: o si è fissato il corpo ad una parete, mentre all'estremità del suo asse longitudinale si è fatta agire la forza (fig. 11); ovvero si è collocato un bastone in bilico, alle cui estremità sono attaccati pesi uguali (fig. 12), o da ultimo si è collocato un bastone sostenuto alle sue estremità, mentre alla metà della sua lunghezza è attaccato un peso (fig. 13).

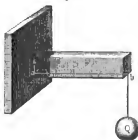



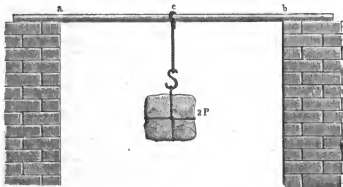
Fig. 11.

In ultimo vedremo, trattando della leva, che la forza necessaria per rompere, col processo indicato nella fig. 11, cresce in ragione diretta

Fig. 12.

della larghezza del trave e del quadrato della sua altezza, e in

senso inverso della sua lunghezza. Una grande influenza esercita in questi esperimenti la *flessibilità*, o pieghevolezza. Per rompere un trave sostenuto, come nella fig. 13, basta una metà del

Fig. 13.

peso che occorrerebbe se fosse fissato alle sue due estremità in modo da non potersi piegare.

28. Adesione. — Quando si applicano l'una contro l'altra due lamine di vetro o di metallo esse rimangono attaccate fra loro con una certa forza tanto che alzandone una si possono sollevare ambedue.

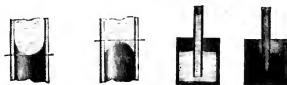
L'osservazione in massima c'insegna che le molecole della superficie d'un corpo esercitano una forza d'attrazione su quelle dell'altra; e che quanto più numerose sono le dette particelle che vengono a contatto reciproco, tanto l'attrazione è maggiore. Diffatti due sfere toccandosi per un punto solo non mostrano di attrarsi quasi nulla, mentre due lamine ciò fanno con tanto maggiore tenacità, quanto è più grande e più levigata la loro superficie.

Questa forza che opera fra la superficie di varii corpi chiamasi *adesione*, ed è non soltanto propria dei solidi, ma sì anche reciproca fra corpi solidi, liquidi ed aeriformi; anzi è l'aria che agisce più ostinatamente alla superficie dei solidi stessi. L'adesione dei liquidi sovra di questi si distingue con nome di *bagnatura*. L'inchiostro rimane attaccato alla penna, poi sulla carta per adesione; i colori, le vernici, aderiscono prima ai pennelli, poscia alla tela, ai legni, alle pareti; la colla, la pasta da cartolaio, la gomma, la calcina e i vari altri cementi non sono che liquidi i quali aderi-

scono fortemente alla superficie di due solidi fra i quali vengono collocati.

29. — Reca sorpresa all'incontro il veder come alcuni liquidi non si attacchino nè ai corpi solidi, nè ad altri liquidi. Se s'immerge, p. e., un cilindretto di vetro in acqua od in olio, ambidue restano alquanto aderenti, mentre che nel mercurio non nasce veruna adesione. Così se si spalma d'olio un vetro prima d'immergerlo in acqua, questa non gli aderisce. L'olio non si mescola all'acqua, anzi sembra che fra le particelle d'un pezzo di vetro e di mercurio, dell'olio e dell'acqua non solo manchi la forza di aderire, ma vi sia una vera ripulsione. Ma ammesso che fra le molecole dell'acqua vi sia maggior adesione di quella che fra quelle d'altri liquidi o solidi, si verrà in chiaro di questo fenomeno senza aver bisogno di ricorrere ad una forza ripulsiva.

30. — Immergete un cannello di vetro in acqua ed un altro nel mercurio; i due liquidi non prenderanno lo stesso livello, ma vedrete l'acqua, per la sua adesione alle pareti, ascendere in modo da lasciare in mezzo un avvallamento, come nella fig. 14, mentre il mercurio che non attaccasi alla parete del cannello

Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

forma un rialzo convesso, come mostra la fig. 15. Prendete ora de' tubetti molto angusti e vedrete l'acqua non solo alzarsi in sui margini, ma portarsi dentro al tubetto più alto del livello esterno, mentre il mercurio dentro il suo tubo rimane ad un livello considerevolmente più basso (figure 16 e 17).

I tubi di ristrettissimo lume si dicono capillari e la particolar forza che in essi manifestano i liquidi ha nome di *capillarità*.

I liquidi ascendono nei capillari a tanto maggior altezza, quanto più questi sono ristretti, essendo indifferente la materia di cui sono formati, purchè sieno immersi in sostanze liquide. Perciò i corpi porosi assorbono con molta forza e trattengono i liquidi, non essendo i pori altro che irregolari aggregati d'infiniti capillari.

Lo zucchero bianco, l'arenaria, anzi un pizzico di sabbia o di cenere, presentano il fenomeno identico. Le muraglie formate di pietre porose e poste sopra fondi umidi, rimangono sempre bagnate, ed un cumulo di polvere asciutta, che si ponga sotto le stesse condizioni divien a poco a poco inumidito fino al suo apice. I fenomeni che osserviamo di imbevimento del lucignolo d'una lampada e della carta bibula ed altrettali sono della stessa natura.

31. Endosmosi. — Quando due liquidi diversi sono divisi l'uno dall'altro da un corpo poroso, p. e. da una vescica, o da un tramezzo di creta cruda, questo è trapassato a poco a poco da entrambe le due sostanze; ma ciò che v'ha di singolare è che cosiffatta parete non lascia passare colla stessa facilità le due sostanze. Sia a cagion d'esempio un vaso senza fondo *b* (fig. 18) unito ad una vescica piena di un miscuglio d'acqua ed albumina; e di sopra una cannetta di vetro *a a;* il tutto immerso in un vaso d'acqua *n n*. Si osserverà dopo alcun tempo il liquido ascendere fino a *r* e più oltre ancora, contro le leggi del proprio peso. Crescerà poi la meraviglia se si metterà nell'interno vaso dell'alcool, e nell'esterno dell'acqua, ovvero nel primo una soluzione di vetriolo di rame, e nel secondo dell'acqua. In quest'ultimo caso si rileverà dal coloramento azzurro che una parte della soluzione cuprea passò dall'interno all'esterno nell'acqua. Tale proprietà dei corpi porosi, che fu detta *endosmosi* si vedrà collegarsi coi fenomeni della capillarità. La maniera con cui si effettua non dipende soltanto dalla natura dei liquidi, ma si scorgerà essere subordinata eziandio alla parete. A traverso una membrana di gomma elastica passa più facilmente l'alcool che l'acqua; l'opposto accade a traverso d'una vescica.

Fig. 18.

Siffatti fenomeni hanno richiamato in alto grado l'attenzione dei naturalisti, come quelli che hanno una gran parte, e forse la più efficace nel movimento dei liquidi entro al corpo degli animali e delle piante, il quale non riuscirebbe altrimenti spiegabile, come è l'ascendere de' succhi negli alberi da una cellula a pareti sottili all'altra.

32. Assorbimento dei gas. — Che abbia luogo una reciproca

attrazione eziandio fra i gas ed i corpi solidi è cosa provata da molti fenomeni. Si versi p. e. dell'acqua in un vaso di vetro e si vedrà l'aria manifestamente scacciata da questa: ma appena si sarà collocato questo vaso sovra una stufa calda, si vedrà il suo fondo tappezzarsi di bollicine perlacee, le quali altro non sono che aria la quale era rimasta aderente alla parete del vaso, e che è venuta allora in evidenza per essere stata dilatata dal calore.

Più curiosa ancora è l'esperienza seguente: Si introduca un pezzetto di carbone acceso di fresco in un cilindro di vetro contenente acido carbonico e che sia capovolto sovra un bagno di mercurio. Il pezzo di carbone esercita sul gas acido carbonico tanta forza d'attrazione, ch'esso si dilata, lo assorbe, come si scorge dal diminuire del gas e dall'ascendere della colonna di mercurio per la scemata pressione dell'istesso gas. Il carbone è capace di assorbire un volume di acido carbonico venti volte maggiore del proprio. Bisogna che ci teniamo a mente che la superficie di tutti i solidi è ricoperta da uno strato d'aria. Vedremo nella chimica esempi ancora più sorprendenti di questa fatta, e noteremo come la combustione spontanea della polvere fina del carbone nelle fabbriche di polvere abbia la sua origine nell'assorbimento dell'ossigeno. I gas sono ancora in più alto grado assorbiti dai liquidi, sebbene non tutti i gas si comportino allo stesso modo. L'acqua, p. e., assorbe appena 18/1000 del suo volume d'aria, può assorbire 500 volumi di gas ossigeno e 700 di gas ammoniaco.

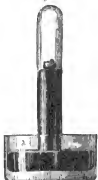



Fig. 19.

III.

Equilibrio e movimento.

33. — In questo capo noi rivolgeremo la nostra attenzione ad una serie di fenomeni della più alta importanza e generalità, tra i quali primo d'ogni altro è il *movimento*, che anima tutta la

natura a cominciar dal fragoroso vento delle tempeste fino al battito del nostro polso. Al movimento siamo debitori di tutti i più grandi trovati che illustrarono le scienze e le arti, e che servono ai bisogni e comodi della vita, dalla rapida macchina a vapore sino al tardo indice d'un orologio.

Quando poniam mente a qualsiasi movimento si presenti al nostro sguardo, ci si parano tosto davanti tre quesiti: Qual è la causa di questo moto? — Che cosa è che vien messo in moto? — Come accade il moto? — Partiremo da queste domande per indagarne le forze o cagioni, poscia i fenomeni svariati secondo i diversi corpi.

A) Equilibrio e movimento dei corpi solidi.

34. Delle forze. — Già nel § 5 abbiamo dimostrato che qualsiasi fenomeno si manifesti in un corpo è la conseguenza d'una forza operante sovra di lui. Ma la vera essenza delle forze che agiscono nella natura ci è assolutamente ignota: ciò che sappiamo su questo subbietto, e che veniamo significando è soltanto la espressione di ciò che ci figurano i nostri sensi. Però dobbiamo guardarci dal credere sieno le forze alcun che di concreto, che esista ciascuna per sè e agisca sulla materia, come fa la nostra volontà sui movimenti del nostro corpo. La forza, nell'ordine fisico, per quanto all'uomo è lecito argomentare, è inseparabilmente connessa colla materia: dove esiste materia, questa si rivela ad un tempo come forza; e viceversa ovunque si riveli una forza bisogna arguire che ivi esiste un corpo da cui essa emana, ed un altro sul quale si eserciti la sua influenza. Senza di ciò non potremmo darci spiegazione di nulla nè sulle forze, nè sulla materia.

35. — Ciò non di meno per lo scopo nostro, noi possiamo sottoporre le forze ad una speciale investigazione analitica, e considerarle anche separatamente, sovratutto quelle che noi riguardiamo come cause degli svariati fenomeni di movimento.

Esse sono di diversa specie. Così p. e. la gravità (§ 14) in molti casi è la causa unica dei preaccennati fenomeni. Altre nature di forza sono l'attrazione magnetica ed elettrica, la espansibilità del calorico, come da tutte queste è per fermo distinta quella, mediante la quale uomini ed animali mettono in moto non solo il

proprio corpo, ma sì anche gli oggetti esterni, la quale risiede nel loro interno e dà occasione agli speciali fenomeni della vita.

Se non che per le leggi comuni e generali del moto è indifferente qualunque ne sia la causa produttrice.

36. L'intensità d'una forza si conosce dalla sua azione. Non sempre però essa si manifesta con un movimento: un sasso che sta in riposo sopra una tavola, o che è pendente ad un filo esercita una pressione od una trazione in conseguenza della gravità che opera sopra di lui, e noi la possiamo con varii mezzi misurare. Supponiamo una robusta riga d'acciaio elastico, quale si userebbe per formare un arco od una balestra; la forza sua sarà tanto maggiore quanto più se ne deve impiegarne per fletterla. Già nelle antiche tradizioni Omero ci addita che l'eroe Ulisse aveva più forza dei Proci, perchè nessuno di essi era stato capace di tendere l'arco di lui.

Vediamo nelle figure 20 e 21 di cosifatte lamine curve di molla acciaio, dette *dinamometri*, con cui possono essere paragonate diverse forze, p. e. d'uomo o d'animali con pesi relativi.

In quei casi in cui l'azione d'una forza si estrinseca sotto forma d'un movimento, bisogna prendere a calcolo così la massa, come la velocità del corpo mosso, per poterne dedur la grandezza della forza stessa. Due forze sono uguali quando uguali sono le masse e le velocità, ovvero quando le masse si comportano in senso contrario alle velocità impresse ad esse. P. e. La massa 4 ha la velocità 2, e la massa 2 ha la velocità 4. In ambi i casi il prodotto della moltiplicazione è = 8, e quindi le forze agiscono in modo identico. *Si chiama momento meccanico della forza, il prodotto ottenuto moltiplicando la massa di un corpo in moto colla sua velocità.*

Fig. 20. Fig. 21.

Il prodotto delle macchine si confronta coll'esprimere il peso che esse sono atte ad innalzare in un dato tempo ad una data altezza. Quale unità di confronto si prende ordinariamente il *chilogrammetro*, ossia quella quantità di forza che è necessaria a sollevare un corpo che pesa un chilogrammo all'altezza d'un metro. Si dice quindi che la forza necessaria a sollevare, supponiamo, un corpo pesante 8 chilog. a 3 metri d'altezza è uguale a 24 unità dinamiche, o chilogrammetri, per indicare che con essa si po-

trebbe alzare il peso di 24 chilogrammi all'altezza d'un metro. In alcuni paesi, come in Germania, questa forza si calcola dal peso che in un minuto secondo solleva all'altezza d'un *piede*. Così ivi dicesi, p. e., la forza di lavoro d'un uomo è uguale a 62 *piedi*. — Quella d'un cavallo ne ugaglia 510. (Peso e misura prussiana).

a) *Equilibrio delle forze.*

37. — Allorchè parecchie forze operano sopra lo stesso corpo, in modo che le loro azioni si neutralizzino reciprocamente, non avviene nel medesimo verun cambiamento, ma ha luogo ciò che si chiama *equilibrio delle forze*. Per che ciò accada è indifferente che il corpo si trovi in riposo od in movimento. Se p. e. abbiamo una locomotiva la quale mentre corre con una equabile velocità giunge ad una salita, ivi riceva contemporaneamente nella forza del suo vapore un rinforzo corrispondente all'ostacolo, essa continuerà il suo cammino colla velocità primitiva: egli è come se le due forze contrarie non esistessero dacchè sono equilibrate.

Dell'equilibrio dei corpi si parlerà più diffusamente quando si tratterà del centro di gravità.

38. Combinazione delle forze. — Si vede chiaramente che nella maggior parte dei casi l'azione che esercitano contemporanea molte forze applicate ad un corpo, può essere rappresentata da una forza sola. La trazione di parecchi uomini può essere sostituita da quella d'un cavallo, e quella di più cavalli da una macchina a vapore. — Nella simultanea azione di varie forze diverse si possono però distinguere differenti condizioni. Così p. e. quando molte forze in direzioni uguali ed omogenee operino sullo stesso corpo, naturalmente la loro azione è uguale alla loro somma: ma, se sono bensì nella direzione identica, ma in senso opposto, l'azione sarà uguale alla loro differenza.

Nuovi ed anzi assai notabili casi si presentano allorchè parecchie forze agiscono o in direzione parallela sul corpo, o in modo da formare tra loro un angolo. Nel seguito riserbandoci di considerare questi fatti più partitamente, osserviamo qui in generale, che la forza atta a sostituirne varie e diverse, dicesi la *risultante* come le sostituite si chiamano le laterali o le *componenti*.

39. Forze parallele. — Sia un'asta di legno A B (fig. 22) fornita nel mezzo d'un asse d'acciaio, il cui tagliente appoggi

sovra un accomodato pernio $C D$ per guisa, che l'asta stessa possa girare libera intorno all'asse. Essa sia d'altronde divisa in parti eguali, e sotto queste divisioni vengano assicurati degli anelli. Lasciata a se medesima la natural posizione dell'asta è la orizzontale. A far l'ufficio di forze parallele si attacchino dei pesi agli anelli, eguali fra loro e muniti sotto e sopra d'uncinetti. Passiamo ora ad una serie di sperimenti.

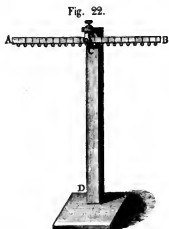



Fig. 22.

Se noi attacchiamo due pesi a due punti qualunque dell'asta equidistanti dall'asse, p. es. al 4° anello (fig. 23), noi vediamo allora che l'asta orizzontale rimane in equilibrio ed immobile. Lo stesso accade se mettiamo quei due pesi al punto di mezzo uno sotto l'altro come nella fig. 24. Col dinamometro poi potremo verificare che le due forze esercitano l'identica pressione come nel primo caso.

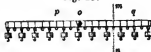
Da ciò dedurremo che due forze uguali e parallele possono esser sostituite da una forza media la quale è uguale la somma

Fig. 23.

Fig. 24.

d'ambidue le medesime che fosse collocata nel punto d'unione delle due linee; dedurremo del pari che le due forze uguali e parallele si trovano in equilibrio quando sono equidistanti perfettamente dall'asse di sostegno o di rotazione di un'asta orizzontale.

Fig. 25.

Questa legge è confermata dal fatto rappresentato nella fig. 25, in cui i pesi ad equidistanza dal centro *o* vanno crescendo a due a due, ovvero si uniscono tutti al centro medesimo *o* come nella fig. 26.

Supponiamo ora l'asta divisa in due braccia disuguali come nella fig. 25 dalla linea $m\,n$, e si dovrà per ognuno ammettere una risultante alla forza che vi agirà sopra. I tre pesi della por-

zione minore, riuniti insieme eserciteranno la loro azione nel punto q (fig. 27) ugualmente che prima, a quel modo che gli otto

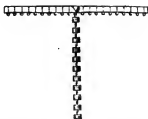
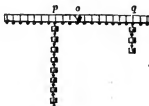



Fig. 26. Fig. 27.

pesi riuniranno la loro nel punto p del braccio più lungo, senza alcun divario nella direzione dell'asta. Vediamo allora pertanto in azione due forze disuguali, le quali tuttavia si tengono in equilibrio. E quello che ci si offre in tal caso come degno di speciale osservazione si è che la risultante minore, rappresentata nella figura dai 3 pesi, viene applicata a distanza di 8 parti dal centro, e la maggiore di 8 pesi a distanza invece di sole 3 parti.

Di qui scaturisce la cognizione d'una legge importante: Se due forze parallele agiscono inegualmente sul medesimo corpo, si lasciano sostituire da una risultante, uguale alla loro somma. Il loro punto d'applicazione divide però la distanza fra le forze laterali in parti disuguali che si comportano in senso opposto delle due componenti. Quindi aggiungiamo: Le forze disuguali che si applicano ad un'asta stanno in equilibrio se sono in opposta condizione rispetto alle distanze dal centro.

Avremo altrove occasione di fare di ciò pratiche applicazioni trattando della leva (§ 45, 48).

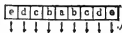
40. Centro di gravità. — Come si è detto al § 11, la fisica ci istruisce che ogni corpo è composto di singole molecole formate di atomi uniti in un tutto per la forza di coesione. Siccome la gravità agisce sovra ciascuno di questi atomi parallelamente e con egual forza, bisogna per certo che in ogni corpo abbia a trovarsi un punto ove l'azione di tutte le singole forze si trovi concentrata in una risultante. Questo punto è denominato il *Centro di gravità* del corpo stesso. Quando si abbia una forza corrispondente che agisca sopra di un tal centro in senso opposto, caso che si avvera quando il corpo è sostenuto in bilico, od è sospeso, esso allora trovasi in equilibrio.

La fig. 28 rappresenta un corpo costituito di tre atomi b, a, b, in cui le freccie dinotano la relativa direzione di gravità.

Fig. 28.

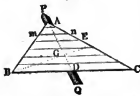
b	a	b

Fig. 29.

e	d	c	b	a	b	c	d	e

Manifestamente qui si avrà equilibrio delle forze semprechè noi sosteniamo il corpo in a. Lo stesso ha luogo quando un numero maggiore di atomi entra nella sua composizione. Se il centro di gravità del corpo è sostenuto, l'azione della gravità è controbilanciata, nè può originare verun movimento, nè una oscillazione, nè una caduta. È dunque per molte ragioni necessario determinare la posizione di questo centro di gravità nei diversi corpi. Come apparisce dalle fig. 28 e 29 nei corpi omogenei di figura regolare, la ricerca non offre difficoltà alcuna; questo centro in una linea retta omogenea è il suo punto di mezzo, e così si dimostra agevolmente come in un circolo, una sfera, un cubo, un cilindro, un prisma, ecc., il centro di gravità coincida col centro matematico.

Il centro di gravità d'un triangolo si trova tirando dal punto di mezzo de' suoi lati $A\,C$, $B\,C$, vale a dire dai punti $E\,D$, fig. 30, due linee $D\,A$ e $E\,B$ agli angoli che stanno loro di contro.

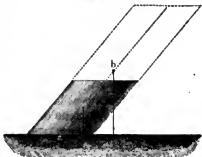
Il punto d'intersecazione G di queste linee è il centro di gravità del triangolo, ed è situato appunto al terzo della sua altezza.

Fig. 30.

Supponiamo che questo triangolo parallelamente al lato $B\,C$ sia diviso da tante linee parallele, i loro centri riuniti di gravità cadrebbero nella linea $D\,A$ come quella che taglia tutte le altre linee a mezzo. Si collochi il triangolo nella direzione di questa linea di gravità DA, ma sovra uno spigolo $P\,Q$, esso si troverà in equilibrio. Lo stesso avverrà rispetto al lato $A\,C$, prendendo per norma la linea $E\,B$, onde si chiarisce che il punto G è il centro comune delle due linee di gravità di tutto il triangolo.

Nei corpi irregolari codesto centro è in vicinanza a quella parte dove è la massa maggiore. Nella piramide e nel cono la massa maggiore sta manifestamente verso a quella faccia sulla quale posano, ossia alla base anzichè alla cima. Quindi il centro di gravità trovasi al quarto della loro altezza. Ma allorchè trattasi di

un oggetto composto di sostanze diverse, quale sarebbe un martello di legno e di ferro, bisogna prima determinare il centro di gravità d'ogni singola parte separatamente e congiungerli tutti per mezzo d'una linea sulla quale cadrà il centro comune secondo le leggi esposte al § 39.

41. — Siccome il centro di gravità è posto nell'interno dei corpi, così non è naturalmente possibile sostenerlo in modo immediato; ma lo stesso effetto si ottiene ogni qual volta sia sostenuto lungo una linea verticale che cada entro la base di sostegno colla quale esso tocca il suolo o dentro la superficie segnata intorno al suo punto di riposo; come avviene per una tavola, una sedia, un cavallo, ecc. Una trave od un sasso che giaccia obliquamente come nella fig. 31, purchè il suo centro di gravità cada entro la base, non può cadere. Se per converso avesse la lunghezza che mostrasi nella figura punteggiata, il suo centro di gravità sarebbe in *b* dove manca il sostegno, e dovrebbe necessariamente cadere.

Fig. 31.

Un corpo sta tanto più fermo quanto è più ampia la sua base e quanto è a questa più vicina la sua massa principale. Perciò gli Egizii hanno prescelto la forma piramidale nelle loro fabbriche gigantesche che sfidarono i secoli.

Gli uomini e gli animali, le cui parti sono mobili, cangiano ad ogni momento il proprio centro di gravità. Chi si pone un peso sulle spalle s'inclina perciò sul davanti; chi lo tiene colla mano destra, stende in fuori il braccio sinistro, e involontariamente colui che sta per cadere, cerca di evitar la caduta stendendo le braccia dal lato opposto.

42. — Secondochè il centro di gravità di un corpo che ruota intorno al suo asse è posto nell'asse medesimo, sopra o sotto, mostrerà un diverso modo di contenersi nel caso che un urto gli arrivi dall'esterno.

Quando in un disco (fig. 32), il centro di gravità o il punto di rotazione cade in *a*, esso si troverà sempre in equilibrio in qualunque posizione si ponga; e perciò questo stato si designa col

nome di centro di *gravità indifferente*. Ma se quel centro si troverà sotto l'asse di rotazione, portato in *b*, ogni volta che s'abbia a girare il disco, quando comincia, o quando è lasciato a se stesso, ricade da sè spontaneamente nel suo centro naturale di gravità. Questo caso si distingue colla appellazione di *centro stabile;* ma se invece l'asse si trova in *c* ed il centro in *a*, cioè superiore a quello, il disco descriverà ad ogni leggiera scossa una mezza rotazione, per cui il centro di gravità *a* diverrà verticale. Questo terzo caso si distingue col nome di *centro labile*.

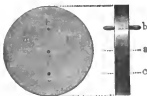



Fig. 32

Se perciò i corpi possono muoversi liberamente intorno al loro asse, come accade in quelli che pendono nell'aria, o galleggiano nell'acqua, essi prendono costantemente da se stessi cosifatta posizione, che il loro centro di gravità si trovi verticale sotto l'asse di rotazione, ovvero, come suol dirsi, il centro cerca sempre la posizione più bassa possibile.

43. Parallelogrammo delle forze. — Molto sovente avviene che due forze simultanee agiscano sovra uno stesso corpo, di guisa che le loro direzioni formino fra loro un angolo. Si comprenderà di leggieri che allora il corpo non potrà seguire l'impulso nè dell'una nè dell'altra delle due forze, ma invece il suo movimento dovrà essere composto. Un assai chiaro esempio di questa specie si ha nella barca che per la forza del vento è spinta di sbieco sulla corrente, e per la corrente medesima in avanti.

Nella spiegazione di questi casi noi non rappresenteremo le forze operanti, come dianzi, per mezzo di pesi, ma col soccorso di linee che segnino non solamente la direzione, sì ancora la lunghezza della strada che il corpo ha percorso in un dato tempo, e perciò diano più esatta immagine della forza che operò sopra di lui. Linee uguali rappresentano forze uguali; forze disuguali come sarebbero quelle corrispondenti alle quantità 1, 2, 3 vengono indicate mediante linee di lunghezza come 1, 2, 3.

44. — Ora per trovare la via che percorre una barca spinta ad un tempo dal vento e dalla corrente in direzioni diverse (fig. 33), vogliamo ammettere che primamente agisca la corrente soltanto, e che la barca in un'ora percorra il tratto da *a* in *b*; poscia che a questo punto cessi la corrente, e sia operante ed attivo soltanto il vento che nello spazio d'un'ora la trasporti obliquamente

sul fiume verso *d*. Ma se invece le due forze non agiscono successivamente, ma simultanee, non è egli verisimile che in metà

Fig. 33.

del tempo abbiano la stessa efficacia, e trasportino la barca in un'ora verso *d* ed anzi per una via più breve? Questo è veramente ciò che accade.

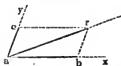
Immaginiamoci infatti, divisa quella forza in tante piccole porzioni, p. e. in mezz'ore ed in quarti d'ora, e vedremo la barca ai punti *d'* e *d''* giunta a un di presso come avrebbe fatto per la linea *a* verso *d*. Riportiamo questa osservazione a' tempi più brevi di minuti e di secondi; e verremo alla risultanza che due forze le quali agiscono contemporanee sovra un corpo facendo un qualunque angolo, hanno la tendenza di portarlo per la diagonale *a d* del parallelogramma *a b e d* formato dalle forze laterali o secondarie *a b* ed *a e*.

Quindi si è desunta la legge del *parallelogrammo delle forze* la quale si esprime così: *se due forze operano sopra ad un corpo, la risultante delle medesime presenta tanto in grandezza come in direzione, la diagonale d'un parallelogrammo descritto dalle forze laterali, o componenti.*

Sul punto *a* (fig. 34, agiscono le forze *a b* ed *a e* nelle direzioni *a x* ed *a y*). La risultante di esse è per le cose premesse *a r*.

Non è difficile trovare la risultante, anche allorquando più di due forze sieno in azione per ispingere un corpo in direzioni diverse ad un punto solo, sempreché coi principii accennati si sia trovata la

risultante di due. Basta allora descrivere il parallelogrammo di due forze, trovarne la risultante, e con una terza forza, comporre un nuovo parallelogrammo per trovar la diagonale che rappresenta la risultante delle tre forze, e così di seguito.

Fig. 31.

Nella meccanica si trae molto profitto sì dalla combinazione delle forze come dalla loro separazione.

45. Applicazioni. — Una spranga dritta ed inflessibile che può girare sopra un punto fermo è detta *leva*; s'intende per *braccio* di essa la distanza del punto d'appoggio o di rotazione, in cui due forze agiscono ad angolo retto, alle quali la leva mette opposizione in direzione contraria. Risulta dalle cose dette al § 39 intorno all'equilibrio di forze parallele, che due forze, mediante la leva, si trovano equilibrate quando sono in ragione inversa delle braccia di leva a cui sono applicate. Il prodotto che risulta quando si moltiplica la grandezza della forza applicata ad una leva col corrispondente braccio, ossia colla distanza dal punto d'appoggio o di rotazione, è detto il *momento statico della forza*. Nella leva poi ha luogo l'equilibrio se sono uguali i suoi momenti statici.

Si distingue la *leva a braccia uguali* da quella a *braccia disuguali*, ed ambedue dalla leva a un *braccio solo*. Quella che è rappresentata sotto la forma più semplice d'una spranga è la meno adoperata; eppure essa costituisce l'elemento principale di tutti i più complicati macchinismi. Si crederebbe difficilmente infatti che le funzioni d'una bilancia, d'una forbice o tanaglia, del raggio d'una ruota, d'un polispasto, d'una chiave, d'una carrucola, ecc., si riducessero tutti agli effetti d'una leva. Ma in tutti questi casi si può riconoscere l'esistenza d'una linea, fissa ad un punto, e alle sue estremità dominata da forze. Quand'anche non si presentassero queste dirette parallelamente e ad angolo retto, si potrebbe dimostrarlo per sempre col soccorso del parallelogrammo delle forze. Per molte forze concorrenti sul braccio della leva, corrisponde l'azione della somma dei loro momenti statici.

46. — La leva a braccia uguali si trova equilibrata quando le forze che s'applicano alle braccia sono uguali esse pure. Due ragazzi, p. e. di peso uguale, che si apprestano a fare altalena sopra una trave, che ha il punto fisso alla sua metà, rappresentano la leva a braccia uguali.

La più importante applicazione di essa si ha però nella bilancia.

Questo strumento consiste di una spranga di ferro od acciaio, detta *giogo*, alle cui estremità pendono gusci, o piattelli, o coppe. Un pernio, o corto asse d'acciaio a coste acute o ritondate divide il giogo in due braccia perfettamente uguali in guisa da permettere la più facile rotazione che è indicata con precisione da un ago, o da una specie di linguetta annessa perpendicolarmente alla parte media e superiore del giogo, per segnare il grado della inclinazione. Quando il giogo è orizzontale, il suo centro di gravità deve trovarsi nella verticale che passa pel centro di rotazione, e un po' al disotto di questo. Allora abbiamo un esempio di equilibrio *stabile* (§ 42), e il giogo tanto di per se solo, come quando sia caricata la bilancia di pesi uguali sui piattelli, serba una direzione orizzontale, e la riprende appena sian tolte le cause che ne lo avessero allontanato. Se il centro di gravità coincidesse coll'asse di rotazione, si avrebbe un esempio di equilibrio *indifferente* e con pesi uguali sui piattelli, non solo la bilancia resterebbe orizzontale, ma rimarrebbe equilibrata in ogni posizione arbitraria del giogo. Del pari il centro di gravità di questa non dev'essere superiore a quello di rotazione, perchè allora s'avrebbe un equilibrio *incerto*, e ad ogni più leggero soprapeso sui piattelli cadrebbe la bilancia, cioè il giogo prenderebbe una direzione verticale perchè il suo centro di gravità sarebbe portato sotto quello di rotazione.

Una bilancia è giusta allora soltanto che ha le sue braccia perfettamente uguali ed i punti a cui sono attaccati i piattelli si trovano in sulla stessa linea col punto di rotazione. La sua sensibilità è tanto più grande, quanto più lunghe ne sono le braccia, più piccolo il peso del giogo, e più prossimo il centro di gravità al centro di rotazione. Per far esperimento della bontà d'una bilancia si usa il così detto pesamento reciproco, che è quello in cui due corpi equilibrati nella bilancia si cambiano di piattello per vedere se continuano a stare in equilibrio; allorchè ci stanno, la bilancia può dirsi giusta per gli usi ordinari.

Nei casi in cui si richiede la massima precisione, si pratica il pesamento doppio. Sopra un piattello si pone l'oggetto di cui vuolsi accertare e stabilire il peso; nell'altro si mette tanto di sabbia o palline di piombo o sassolini quanto può bastare a formar equilibrio. Ciò fatto si leva il corpo, ed in sua vece si sostituiscono tanti pesi legali quanti occorrono a riprendere l'equilibrio medesimo. Con questo mezzo, proposto già dal Borda, si trova con tutta esattezza il peso del corpo, anche quando la

bilancia avesse qualche difetto per la non perfetta egualità delle braccia.

47. — La *carrucola* o *puleggia* (fig. 35) consiste in una girella di legno o di metallo $ADBC$, sulla cui periferia è incavata una scanalatura che chiamasi gola, per allogarvi una fune colla quale tirar checchessia.

Codesta girella è imperniata in un asse che passa pel suo centro e mantenuta da una staffa E per modo, che il disco non possa effettuare altro movimento tranne quello di rotazione. Supponiamo tirata una linea a traverso di questo disco per guisa che passi pel suo centro di rotazione (AB fig. 36) ed avremo una leva a braccia uguali: se all'estremità di questi due punti della linea immaginata agiranno forze uguali, avremo equilibrio. Mediante la carrucola l'azione d'una forza non può essere cambiata, ma sì bene può esserlo la sua direzione, e sotto questo riguardo essa è frequentemente e con vantaggio adoperata. È detta allora *carrucola di direzione.* Serve altresì con molto profitto a mettere a posto oggetti pensili facili a scivolare come le lampade, i gazometri, giacchè pel contrappeso posto all'altra parte della carrucola, sono tenuti in equilibrio.

Fig. 35. Fig. 36.

48. — La leva a braccia disuguali è degna di attenzione pei suoi ammirabili effetti. Il peso 6 della fig. 37 che agisce sul braccio 5 tiene in equilibrio la forza 10 attaccata al braccio 3; perchè dietro quanto abbiam detto ai §§ 39 e 45, le forze si comportano in senso inverso delle braccia della leva, ossia perchè i momenti statici sono uguali dalle due parti. Infatti $5 \times 6 = 10 \times 3$. In generale bastano forze piccole operanti su lunghe braccia ad innalzare pesi considerevoli, del che la fig. 38 ci offre un esempio. Archimede appena ebbe conosciuto le leggi della leva proruppe in un esaltamento di spirito in queste parole « datemi un punto fisso, ed io leverò la terra da' suoi cardini! »

Fig. 37.

La leva a braccia disuguali presenta infinite applicazioni, quali vediam nella zappa, nel piccone, nella scure, nel verricello, nel

naspo, nella manovella, nel trapano, nella chiave, tanaglia, forbice, ecc., ecc. La fig. 39 mostra la stadera, specie di bilancia, nella

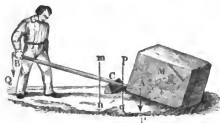
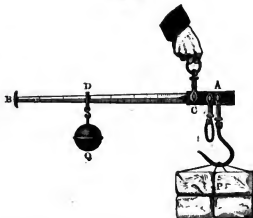
Fig. 38.

quale il peso P è attaccato, ed opera sul braccio AC che è il più corto della leva, intanto che il peso scorrente Q appeso al braccio

Fig. 39.

più lungo BC può essere fatto scorrer per tutta la lunghezza, sulla quale sono impresse delle intagliature equidistanti e numerate che indicano l'equivalente del peso. Quanto più il peso scorrente si porta verso l'estremità, tanto più è atto a sostenere un carico maggiore che penda dal braccio più corto.

49. — La levà ad un braccio solo è a modo d'una linea retta, inflessibile, che ad una sua estremità ha un punto di sostegno, intorno al quale agiscono due forze in senso contrario che tendono a far girare la detta linea. Avvertiamo innanzi tutto che

nella leva a braccia uguali *bcd* fig. 40, la forza 4 produce un effetto identico sia che tiri in giù applicata al braccio *cb*, o tiri in

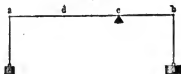
Fig. 40. Fig. 41.

alto applicata al braccio *cd* per mezzo della carrucola *d*. In ambedue i casi la leva si piega con eguale sforzo nella stessa direzione, segnata dalla freccia, intorno al punto *c*. Osserviamo ora la leva a braccia disuguali *abc* della fig. 41 che si trova in equilibrio perchè le sue braccia 2 e 4 si comportano in senso inverso delle loro forze 4 e 2. Dalle cose premesse si vedrà che la forza 4 produrrà lo stesso effetto (cioè terrà in equilibrio la forza 2) se noi la portiamo da *b* in *d* come apparisce dalla fig. 42. Imperciocchè in questo modo il braccio *cb* è posto fuori d'azione, e convertiamo la leva in una di quelle ad un solo braccio *adc*, il cui punto d'appoggio è in *c* e si trova sotto lo sforzo di movimento prodotto dalla forza 4 in alto, e dalla forza 2 in basso. Fu inoltre osservato che nelle sovraccennate condizioni gli effetti delle due forze devono elidersi reciprocamente valendo anche rispetto alla leva ad un sol braccio il principio, che per stabilire l'equilibrio è necessaria l'uguaglianza dei momenti statici.

Fig. 42.

Gli usi di questa leva si osservano nel torchio, nella carrucola, nel bulino da cesellare, nello schiaccia noci.

50. — La *carrucola mobile*, fig. 43, può essere anch'essa considerata nulla più che una leva ad un braccio, il quale viene presentato col diametro orizzontale *bcd* nella fig. 44. Il punto di rotazione è posto in *b*, il braccio *cb* è tirato dal peso *q* in basso, mentre il braccio *bd* è tirato da una forza all'insù. Siccome qui le

braccia si comportano come semi-diametri, cioè come 1 a 2, così è necessaria metà della forza perchè il peso q mantenga l'equilibrio. Se infatti si attacca alla mortisa f un peso di 4 libbre, si abbisogna soltanto d'una forza come due libbre in e per tirare in

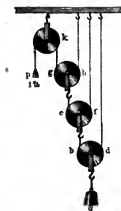
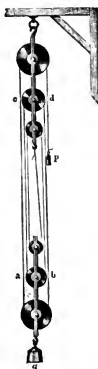



Fig. 43. Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46.

alto, e mantenere le 4 libbre in equilibrio, quindi basta un piccolo aumento di potenza per mettere il peso in movimento.

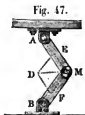
Se si uniscono, come nel *polispasto*, varie carrucole fra loro, procureranno il vantaggio grandissimo di alzare considerevoli pesi mediante una forza moderata. Sia il peso q uguale a libbre 8 basterà l'applicazione di tre carrucole d'un peso di *una* libbra per tener il peso q in equilibrio. Dalle spiegazioni date sulla fig. 44 risulta infatti che per ogni successiva carrucola la forza scema di una metà. Quindi il più comodo mezzo per sollevare grossi pesi coll'opera di carrucole mobili (fig. 46) si è il *polispasto* che

consta di due così dette *puglie* o *taglie*, l'una di tre carrucole fisse e l'altra di tre mobili. Il peso q viene potentemente tratto da *sei* funi che uniscono le *sei* girelle e lo sforzo è diviso sulle sei funi equabilmente per guisa, che ciascuna è tesa da 1|6 del peso q. Se p. e. questo fosse di 60 libbre, ognuna delle funi sarebbe tesa come se dovesse tirare 10 libbre. Ma se da un lato della girella superiore si effettuasse una tensione della corda *ca* di dieci libbre, bisognerebbe, per rimettere l'equilibrio, che la corda *dp* dell'altro lato fosse tesa egualmente; lo che appunto accade perchè fu impiegato a ciò un peso di libbre 10 in p. In questa combinazione adunque il peso d'un corpo q con una sesta parte del proprio peso, diventa capace di mantenere in p l'equilibrio.

Potrebbesi per tanto ritenere, che mediante l'applicazione di molte carrucole fosse possibile sollevare con facilità dei carichi enormemente pesanti, ma vuolsi notare che esse non presenterebbero più il desiderato vantaggio, sia perchè ad ogni nuova carrucola si diminuisce la distanza, che il carico deve percorrere, sia perchè s'accresce l'attrito che forma uno dei più ragguardevoli ostacoli al movimento.

Egli è tuttavia da notare, che il moto d'azione delle carrucole si può desumere anch'esso dalle leggi del parallelogrammo delle forze.

51. — Avendo espresso in sul finire del § 44 che la meccanica trae profitto dalla decomposizione delle forze, vogliamo ora scegliere come un esempio di questa asserzione la leva angolare o a gomito (fig. 47) e dimostrarne l'azione col soccorso del parallelogrammo delle forze. Questa leva è composta di due spranghe metalliche articolate in M, la superiore è fissata con articolazione A ad un architrave stabile; la seconda, inferiore, si appoggia ad una lamina che esercita sovr'essa una pressione. Se una forza MD si applica al punto M che tende a raddrizzare le spranghe metalliche MA e MB, si decompone la sua azione nelle due forze laterali ME ed MD che agiscono ad angolo. Se si costruisce il parallelogrammo $MFDE$, la cui diagonale è MD, l'effetto della forza ME che spinge all'insù, viene distrutto dall'ostacolo immobile intantochè la forza laterale MF che opera in basso esercita in B sulla lamina sottostante una pressione. Si ottiene così da questa disposizione un aumento di forza perchè MF evidentemente può farsi maggiore di MD, anzi

Fig. 47.

tanto più quanto più ottuso diventa l'angolo ossia il gomito M. Questa specie di leva è adoperata con molto vantaggio nei torchi e nei conii, in cui si tratta di esercitare a breve distanza una forte pressione passeggera.

52. — La *leva obliqua* offre un altro esempio della decomposizione d'una forza in due laterali, ma per dimostrar ciò è mestieri premettere qualche avvertenza. Giusta quanto fu detto al § 17, la pressione esercitata da un corpo in conseguenza del suo peso sovra un piano *orizzontale*, non è altro che la risultante delle azioni che la gravità esercita sovra ciascuna molecola di questo corpo. Quando noi lo spostiamo, non già è che vinciamo la sua gravità perchè esso è del continuo attratto dalla superficie orizzontale, ma superiamo soltanto il suo atrito sul piano, il quale è tanto minore quanto più le corrispondenti superficie sono levigate. Nella spiegazione che segue non dobbiamo tener conto dell'atrito ma considerarlo come nullo (cosa che però in realtà non è mai), nel qual caso una forza piccola riesce sufficiente per ismuovere un corpo, il cui peso è sostenuto dal piano su cui riposa.

Sia il piccolo peso G sufficiente per far scivolare il corpo L (fig. 48) di cui la linea $a\,b$ rappresenta la quantità di pressione che

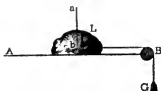



Fig. 48. Fig. 49.

L esercita su AD. Diamo a questo piano una posizione inclinata secondo la fig. 49 e G non basterà più a trascinare il corpo L nella direzione AB; esso sarà più facilmente portato verso A, come se una forza K, parallela al piano, ve lo spingesse. Segue da ciò che il piano non sostiene più tutta la gravità del corpo, e che la pressione da quello sofferta non è più corrispondente alla linea $a\,b$ (fig. 48) ma ad una alquanto minore.

Infatti la forza $a\,b$ colla quale nella detta figura 48 il corpo L preme sul piano orizzontale, nel piano inclinato AB della fig. 50 si divide in due forze: cioè in $a\,c$ che rappresenta la pressione verticale, e nella $c\,b$ ch'è parallela al piano medesimo e quindi inclinata in basso.

Chiamiamo AB la lunghezza, e BC l'altezza del piano inclinato. Secondo le leggi della geometria è dimostrato che sono simili i triangoli abc ed ABC; quindi che la forza bc che tira in basso si comporta col corpo L come l'altezza BC dei piani inclinati sulla loro lunghezza AB. Se per tanto l'altezza BC è la 4ª, 5ª, 6ª parte della lunghezza AB, del pari la forza bc è uguale alla 4ª, 5ª, 6ª parte del peso del corpo.

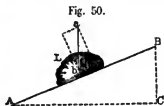
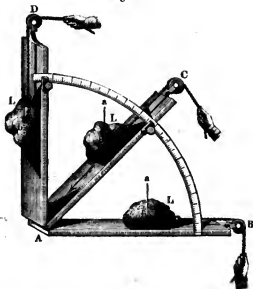



Fig. 50.

Le applicazioni di questa teoria dei piani inclinati si vedono tutto giorno quando trattasi specialmente di sollevare i corpi ad una data altezza, p. e. pel passaggio su monti, quando si vogliano far ascendere botti al di sopra dei carri, e scaricare bare o cariaggi nelle officine, ecc.; e l'utilità ne è tanto più manifesta quanto minore è l'altezza BC a paragone della lunghezza AC, o,

Fig. 51.

ciò che torna lo stesso, quanto più dolce è la *salita*, la quale nelle strade comuni non dee superare il 5 °/₀ e nelle ferrovie il 1/2 per

cento. Anche la speciale attitudine dei piedi nostri contribuisce al moto ascensivo e a quel di discesa. Perciò troviamo che i gradini posti sulle scale a mano decompongono il moto obliquo in elevazione verticale e in passo orizzontale. I fenomeni del moto sui piani inclinati si possono render evidenti con alcuni mezzi meccanici, di cui mostriamo il disegno, mediante i quali noi siamo chiariti con qual diverso dispendio di forze si possa tirare un peso L (V. fig. 51) o lunghesso un piano orizzontale AB, o sopra un inclinato AC, o sopra un verticale AD.

Altri esperimenti più esatti ancora si possono fare col soccorso di codesti piani inclinati RS (fig. 52). Per tenere in equilibrio un

Fig. 52.

peso rappresentato da disco di ottone liscio a, dobbiamo mettere sul piattello P tanti pesi di più, quanto più grande è l'elevazione TS in paragone della lunghezza RS. In ambidue gli apparecchi si può dare al piano inclinato una inclinazione diversa mediante una vite fissa, ma si avvera sempre la legge, che la forza che agisce come potenza serba lo stesso rapporto colla resistenza, come l'altezza colla lunghezza del piano.

Oltreciò il piano inclinato offre molte altre applicazioni ai nostri stromenti. I coltelli, i martelli, le ascie non sono che due di cosiffatti piani convergenti in un tagliente o spigolo, come avviene nel *cuneo*, prisma triangolare che si introduce nelle fessure dei corpi solidi dalla parte dello spigolo e presta nella sua semplicità tanto servigio per ispaccare, per imprimere, per serrare. Come

nella fig. 53 è manifesto, si può, con un piccolo peso Q, nell'atto ch'esso trascina il cuneo K fra i cilindri a e b, sollevare un peso

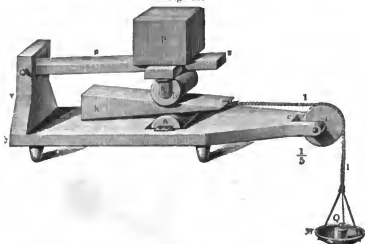
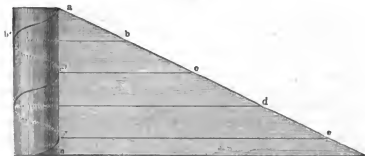
Fig 53.

proporzionatamente grande P, ed anche uno maggiore, secondo il rapporto che passa tra la lunghezza del cuneo e la sua testa. In pratica possono considerarsi come altrettanti cunei tutti gli stromenti fendenti e foranti, e vediamo che un corpo appuntito tanto più agevolmente si può introdurre in un altro quanto esso è più acuto.

Fig. 54.

54. La Vite. — Si tagli una carta in modo che ne esca un triangolo a lati ineguali e ad angolo retto aof (fig. 54) e se ne

disegni il lato lungo *a f* con una linea molto nera; poscia si incolli il lato breve *a o* sopra un cilindro; si attortigli allora il triangolo sul cilindro, e si vedrà come esso descriva una spirale *a f*. Posto che *c c'* sieno uguali alla circonferenza del cilindro, la linea *a c* formerà nel rotolarsi un perfetto *passo di vite*, perchè *c* viene verticalmente dopo *c'* sotto di *a*. L'altezza di *c'* fino ad *a* è l'altezza del passo della vite. Secondo che noi ci serviamo a formare questo elice, o spira, di un prisma triangolare, o d'un quadrango-

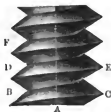
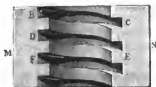



Fig. 55. Fig. 56.

lare che si applichi intorno al cilindro, otteniamo un giro di vite a *costa tagliente* (fig. 55), ovvero a *costa piana* (fig. 56). Se queste viti sono condotte nell'interno d'un cilindro cavo, avremo *la madrevite* (fig. 57) destinata a ricevere *il mastio* della corrispondente vite. Il vantaggio di questi congegni sta nel fornire salde connessioni da un lato mediante il grande attrito, dall'altro col reciproco combaciamento di piani inclinati ascendenti e discendenti, la qual cosa si presta ad una certa mobilità, tanto maggiore e più facile, quanto minore è l'altezza dei passi.

Fig. 57.

Dicesi *vite perpetua* quella che è così costruita da poter girare bensì sul proprio asse, ma senza poter nè avanzare nè retrocedere, perchè, in cambio di entrare in una chiocciola, si ingrana coi denti di una ruota e la fa girare continuamente.

L'uso della vite occorre in molte circostanze. Ne abbiamo esempio nel torchio a olio, nel conio delle monete, nel trapano, nel cavatappi, nelle navi a elice, nella vite d'Archimede e nel micrometro.

Siccome abbiamo mostrato che la vite in ultimo non è che un piano inclinato con qualche modificazione, così si avvera una legge analoga quanto alle sue forze, vale a dire che in essa la potenza sta alla resistenza come il passo della vite (ossia l'altezza di ciascuno dei piani), alla circonferenza del cilindro intorno cui ravvolgesi l'elice (ossia alla base del piano).

b) *Del movimento.*

55. — Un corpo noi diciamo che è in *movimento* quando lo troviamo nello spazio successivamente in località diverse. Egli deve mutare del continuo il suo posto in relazione cogli oggetti che lo circondano, e per mezzo di essi conosciamo ch'egli si muove. L'indice dell'orologio passa da cifra a cifra, la barca trascorre davanti a monti e valli, il convoglio delle vie ferrate trasvola per città e campagne. Quei corpi sono in movimento, perchè notiamo, che si allontanano dagli oggetti vicini, ed i vicini si allontanano da loro.

Immobile per contrario ci risulta un gran monte, del pari che la mole d'un fabbricato, ed un albero che ha le radici nel suolo. Questa stabilità d'un tutto e delle sue parti che serbano uniforme e costante distanza dagli oggetti circostanti, si chiama *quiete.*

Per farci accorti del movimento bisogna adunque essenzialmente che certi oggetti rimangano fermi al loro posto, perchè se tutti si movessero ad un tempo uniformemente, tutto ci parrebbe persistere in quiete, in conseguenza della non mutata reciproca posizione. E questo ci avviene appunto quando noi guardiamo il cielo stellato, i monti, le campagne e le città che copron la superficie terrestre.

Una più accurata osservazione ci insegna tuttavia che tutti i corpi celesti, non escluse le stelle fisse, per la loro enorme distanza da noi tenute per immobili, sono in un movimento perpetuo, come pure ci autorizza ad asserire che nessuna anche isolata parte dell'universo si trova in quiete assoluta. È infatti fuor d'ogni contestazione che alla giornaliera rotazione della terra prendono parte anche i monti, le campagne e le città.

Non esiste quindi quiete *assoluta*, ma soltanto *relativa.* Sopra un bastimento dove io mi trovo adagiato, può bensì il mio corpo considerarsi in riposo relativamente alle antenne, alle tavole, ai

banchi, ma uno sguardo ch'io dia alle rive, gli oggetti che trascorrono, mi convincono essere la barca con tutto ciò che contiene e colla mia persona in un rapido movimento.

56. — Come fondamentali e importantissimi principii riguardo ai fenomeni del moto si deve ammettere:

1. *Che un corpo in istato di quiete non si pone in moto da se medesimo.*

2. *Che i corpi posti in movimento non possono per se stessi mutare o sospendere questo stato di movimento.*

Codeste due leggi sono la più esatta espressione della *inerzia* della materia annunziata al §.10.

Ora supponiamo un corpo in movimento; a norma della 2a legge sopra citata, egli continuerà a muoversi all'infinito nella stessa direzione e colla stessa velocità, come fanno i corpi celesti. Ma riferibilmente alla terra, questo moto interminabile non è proprio di alcun corpo. Spariamo all'aria p. e. una palla fuori d'un'arma da fuoco, e le sia pur data la spinta dalla più forte carica; ovvero gettiamola semplicemente rotolando sopra una superficie levigatissima di ghiaccio, noi vedremo come a poco a poco, in tempi diversi, secondo la diversa intensità della forza, il suo moto si renderà più languido, e finalmente cesserà interamente. In ambidue i casi non è già la palla che si riponga in quiete di per se sola, ma vi sono altre forze, vale a dire la resistenza dell'aria, e l'attrazione terrestre, che mettono fine al suo moto.

57. — Continuando nell'argomento, esaminiamo da prima le relazioni del movimento collo spazio e col tempo, cioè la sua *direzione* e la sua *velocità.*

La distanza dal punto ove comincia il movimento d'un corpo fino a quello in cui cessa, si chiama il suo *tragitto*, e la linea che esso descrive, la sua *direzione.* Questa può essere immutabilmente *rettilinea*, ovvero *curvilinea.* Il moto circolare del punto d'un corpo che s'aggira intorno se stesso appellasi *rotatorio.*

58. — Paragonando la lunghezza del tragitto percorso col tempo impiegato si ottiene la *velocità.*

Vi sono gradi diversi di velocità; così vediamo che l'indice dei minuti d'un orologio p. e. impiega un'ora a compiere quel medesimo tragitto che l'indice delle ore percorre in 12. La lumaca impiega un secondo a percorrere una linea di pochi millimetri, mentre un cavallo da corsa percorre circa piedi 50, il vento turbinoso 124, il suono 1050, una palla da cannone da 24 2400, e la luce ben 42000 miglia tedesche.

59. — Ulteriori osservazioni c'insegnano che la velocità ora è *uniforme*, ora *ineguale*.

Nella uniforme vengono percorse nella stesse porzioni di tempo le stesse porzioni di spazio comunque le prime sieno minime. Se un corpo impiega un'ora per un miglio, egli deve impiegare un minuto per ogni sessantesimo di miglio, per 1/3000 di questo, un secondo.

Il moto uniforme suppone che il corpo sia spinto dall'azione d'una forza continua e costante, che superi esattamente gli ostacoli che si oppongono al movimento, e mantenga inalterata la sua iniziale velocità. L'unico esempio che si conosca d'un tal genere di movimento è quello della terra intorno al proprio asse; almeno si accosta tanto all'uniformità che noi non siamo in grado di notarvi una sensibile deviazione.

Il movimento ineguale è la velocità propria di un corpo la quale nelle singole particelle di tempo aumenta o diminuisce, dando luogo a ciò che appellasi *acceleramento* o *ritardamento*.

Il moto *accelerato* ha luogo quando un corpo in movimento è sottoposto all'azione d'una forza permanente che lo spinge nella stessa direzione, come accade nella caduta dei gravi. Il moto *ritardato* si ha invece ogni qual volta agisce sul corpo una forza contraria, come fa la gravità sopra un corpo lanciato in alto.

60. Moto di caduta. — Secondo la legge sopra citata della inerzia, un corpo a cui fu comunicato un movimento non può rimettersi in riposo da se solo, ma continuerebbe sempre a muoversi nella stessa direzione e colla medesima velocità qualora cause di sturbatrici od impedienti non operassero sopra di lui. Ammessa la detta supposizione, qualora io dessi ad un corpo una spinta tale da farlo percorrere p. e. 30 piedi al secondo, esso dovrebbe continuare collo stesso movimento in tutti i secondi successivi e del continuo percorrere in ciascuno di essi i 30 piedi. Ma se io al principiare del secondo minuto secondo gl'imprimo una nuova spinta d'egual forza e così successivamente negli altri secondi, è evidente che la velocità di quel corpo diventerà *equabilmente accelerata*. Si può anche immaginare che sì fatte spinte sieno più rapide nella loro successione fino a rendersi successivamente continue. E questa è appunto la considerazione che spiega la caduta dei gravi nei quali abbiamo la gravità che incessantemente agisce accelerando il movimento.

Si è trovato, dopo esatte ricerche, che un corpo che cada per un secondo, in questo breve tratto di tempo percorra 15 piedi parigini, eguali a metri 4,9, e che al termine di questo tempo ha

già acquistata la velocità di 30 piedi. Ma siccome durante il secondo minuto secondo la gravità ha operato come nel primo, così la velocità del corpo si aumenta nelle stesse proporzioni, per la caduta, e sarà quindi:

Alla fine del 1°, 2°, 3°, 4°, 5° secondo in velocità = 30 — 60 — 90 — 120 — 150, 30 piedi.

Esploriamo ora ulteriormente lo spazio della caduta, cioè il tragitto che un corpo cadente percorre in seguito alla finale velocità del continuo crescente in un tempo determinato.

Al termine del primo secondo ha già percorso 15 piedi; esso possiede inoltre una velocità di 30 piedi che agisce al modo stesso che farebbe la spinta data al corpo nel secondo minuto secondo che lo portò a 30 piedi. Affatto indipendente da ciò opera la gravità, per la quale quel corpo da se stesso deve tuttavia percorrere i 15 piedi come nel primo. Se io lo arrestassi infatti al termine del primo secondo e arrivassi a togliergli 30 della sua velocità, egli percorrerebbe nel secondo 15 piedi cadendo. Se non lo arresto, egli deve patentemente nel secondo minuto secondo percorrere 15 + 30 = 45 piedi. Se aggiungo a ciò il tragitto di 15 piedi percorso nel primo secondo, io troverò che un corpo che cadde per due minuti secondi di seguito, ha fatto un tragitto di 15+15+30=60 piedi.

Ripetendo un simile calcolo si avrà per ogni successivo numero di secondi di caduta lo spazio percorso semprechè si sommino: 1° lo spazio percorso dal corpo per se stesso durante ogni minuto secondo; 2° la velocità finale del secondo precedente; 3° lo spazio già tragittato dianzi, p. e.

Tempo della caduta	1	2	3	4	5, *ecc.* secondi
1° Spazio per ogni secondo .	15	15	15	15	15
2° Velocità finale acquistata .	0	30	60	90	120
3° Spazio percorso prima. . .	0	15	60	135	240
Spazii	15	60	135	240	375, ecc. *piedi*

Se paragoniamo fra loro le somme ottenute, vedremo che si comportano come i numeri 1. 4. 9. 16. 25, ovvero $1 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2$: e quindi ne risulta la seguente espressione per la legge della caduta dei gravi: *che gli spazi della caduta sono proporzionati ai quadrati del tempo.*

L'esattezza di questa legge cogli esperimenti sui piani inclinati,

trovata primamente da Galileo nel 1602, e da lui confermata, sovratutto viene resa sensibile mediante la macchina di Atwood. La figura 58 ci mostra le proporzioni degli spazi per 4 secondi.

61. Velocità media. — Un corpo che per un minuto secondo senza interruzione è caduto, percorre 15 piedi di spazio, la sua velocità che sul principio del secondo era = 0, acquista al termine del secondo tanto da essere = 30. Questo corpo avrebbe percorso esattamente lo stesso spazio, se fino dal principio del secondo minuto secondo avesse avuto una velocità di 15 piedi, e si fosse comportato equabilmente con questa misura per tutto il lasso d'un secondo. Una cotale velocità così uniforme per tutto un determinato tempo, quale si rivela nell'accelerata, è stata denominata velocità media; ed è quella che un corpo ha conseguito alla metà della sua velocità. Essa è la metà della velocità finale, cioè 30[2=15.

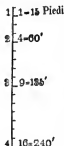



Fig. 58.

Tempo	Spazii
1	1-15 Piedi
2	4-60'
3	9-135'
4	16-240'

Abbiamo veduto più sopra che i corpi che cadono, accelerando percorrono in 4 secondi 240 piedi: inoltre che la loro velocità a metà di questo tempo, cioè alla fine del 2° secondo è uguale a 60. Se fosse fin dal principio con questa velocità media caduto per 4 secondi sarebbe il suo tragitto stato uguale a 4×60=240.

62. Il pendolo. — Un corpo pesante, p. e. una sfera od un disco di metallo sospeso ad un filo, rappresenta un pendolo.

Portiamo il pendolo fuori della verticale, che è la sua posizione d'equilibrio *a* (fig. 59), in modo che la sfera si trovi in *b*, e si abbandoni a se stessa, essa ricade al punto *l* e rimonta ben tosto al lato opposto fino a che sta un impercettibile tratto più abbasso di *b*. Giunta in *a* la palla ricade di nuovo e risale esattamente dall'altra parte, ma non con precisione fino all'altezza *b*. In tal guisa continuano le *oscillazioni* del pendolo, ognuna facendosi un poco meno ampia della precedente, finchè la palla riacquista la sua posizione di riposo. Più accurate osservazioni dimostrano che queste oscillazioni del pendolo, dipendenti dal peso, non sono che mutati movimenti di caduta. In *b* la palla da un lato tratta verso terra, dall'altro tenuta dal filo in immutabile distanza dal punto di sospensione, è costretta da queste due forze a descrivere un tragitto circolare, in cui il pendolo, secondo la legge sulle cadute

espressa al § 60, con sempre crescente velocità ricade al punto più basso *l*. In questa posizione *fl* corrispondente alla direzione della gravità resterebbe il pendolo immobile, qualora per la caduta *b* verso *l* non avesse riacquistata una velocità novella. Ma per effetto di questa sotto l'influsso della gravità che la diminuisce d'alquanto, rimonta dal lato opposto, finchè quest'ultima è soverchiata, e per la quale il pendolo torna a cadere verso il punto *a*. In tal modo le sue oscillazioni continuerebbero incessantemente ove l'attrito nel punto di sospensione, e la resistenza dell'aria non le si opponessero fino a ridonargli il suo riposo.

Fig. 59.

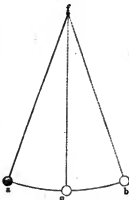
Intorno alle oscillazioni del pendolo si sono scoperte alcune leggi, che si risolvono nelle seguenti:

1° Le singole oscillazioni del medesimo pendolo sono di *eguale durata*, sia più grande o più piccola la battuta, semprechè l'arco del cerchio *a b* non superi in generale i 5 gradi. Anche di questa legge fu scopritore, come di tante altre, l'immortale Galileo.

2° Due pendoli d'eguale lunghezza danno in un dato e identico tempo, ugual numero d'oscillazioni, qualunque sia il peso della materia di cui son formati. Infatti in qualsivoglia proporzione si aumenti il peso o si diminuisca, l'azione della forza di gravità su di esso si aumenterebbe o diminuirebbe esattamente nella medesima proporzione, e per conseguenza la velocità impressa dalla gravità alla massa del pendolo rimane la stessa. Ciò si può avverar facilmente sospendendo diverse palle di metallo, d'avorio, di legno ad un filo e facendole oscillare si troverà che le loro oscillazioni sono uguali.

3° Due pendoli di lunghezza diversa danno in un dato ed identico tempo un diverso numero d'oscillazioni, cioè il più lungo ne dà meno del più breve.

4° Lo stesso pendolo, quando la gravità opera sopra di lui nel medesimo modo, e colla stessa forza, dà in un determinato tempo lo stesso numero d'oscillazioni. Se potessimo portare il pendolo medesimo, che sulla terra dà in un dato tempo un dato numero d'oscillazioni, sulla luna e sul sole, ne darebbe meno in quella che in questo, stantechè la luna 50 volte più piccola ha attra-

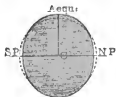
zione minore della terra, e il sole per converso ha un'attrazione 400,000 volte maggiore.

63. — Quindi si sono fatte alcune applicazioni che diedero ad uno stromento così semplice una grande importanza. Egli serve in primo luogo per rendere uniforme negli orologi il moto irregolare, che deriva da un peso o da una molla, e inoltre per dare una misura di longitudine di grandezza fissa e invariabile.

64. — Il *pendolo a secondi* è quello che in un minuto fa esattamente 60 oscillazioni, ognuna delle quali ha perciò la durata d'un secondo. Si comprende dalle cose dette sopra, che il pendolo a secondi deve avere una determinata lunghezza. Se fosse più corto ne farebbe più di 60 in un minuto, se più lungo ne darebbe meno.

Epperciò il pendolo a secondi d'un luogo può essere usato con profitto come una determinata invariabile misura di longitudine. In Parigi deve avere la precisa lunghezza di 3 piedi parigini, ed 8 pollici, cioè soltanto 2 2]3 linee meno d'un metro. In Inghilterra la misura di longitudine è una grandezza invariabile perciò che si è determinato quanta parte del pendolo a secondi di Londra debb'essere il piede inglese.

65. — Rimasero all'incontro sorpresi i fisici quando osservarono che un medesimo pendolo a secondi non somministra lo indentico numero d'oscillazioni in un minuto in tutti i punti della superficie terrestre. Si prenda p. e. il pendolo parigino di piedi 3, pollici 8 in lunghezza e lo si porti all'equatore, ed esso darà in un minuto un minor numero di oscillazioni, laddove al polo nord ne darà più di 60.

Ma siccome i movimenti del pendolo dipendono dalla gravità, e la forza di questa decresce quanto più si allontana dal centro della terra, così si è conchiuso dalle osservazioni sul pendolo, che un punto all'equatore è più distante dal centro terrestre che un punto del polo. Quindi la terra può considerarsi non come una sfera perfetta, ma sì bene al modo che sta disegnato nella fig. 60, come alquanto schiacciata ai poli. Il diametro terrestre all'equatore importa 1719 miglia tedesche; da un polo all'altro invece è di sole 1713, 5. La forza centrifuga che acquista la terra nel suo moto di rotazione contribuisce altresì a render più lente all'equatore le oscillazioni del pendolo.

Fig. 60.

66. Trajettorie curvilinee. — Sono quelle che risultano dalla speciale concorrenza di varie forze sopra d'un corpo. Quando questo ha acquistato in direzione orizzontale una certa velocità, e al tempo stesso la forza che lo muove in quella direzione si combina colla forza di gravità che lo trascina verso la terra, il cammino risultante è curvilineo in proporzioni corrispondenti alla prevalenza d'una delle due forze.

È noto che il bersagliere volendo colpire a distanza deve tenere la sua mira più alta per la tendenza che ha la palla ad obbedire alla propria gravità.

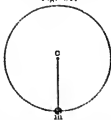
67. — Se ad una sfera sospesa per un filo *m* fig. 61 ad una asta si dà una spinta, essa si muoverebbe orizzontalmente qualora non fosse ritenuta dal filo al punto *c* e tirata verso di quello. Ne risulta quindi un moto curvilineo.

Fig. 61.

È cosa evidente che se invece del filo operasse sopra la sfera una forza in maniera conforme e la traesse verso *c*, ne risulterebbe un identico moto curvilineo.

Si denomina in generale forza *centripeta* quella che tira il corpo verso il punto *c*, e *tangenziale* o *centrifuga*, l'altra che lo spingerebbe ad angolo retto colla prima. Dalla loro combinazione risulta un terzo movimento dipendente dalle reciproche proporzioni delle due forze. Nei moti curvilinei si hanno le condizioni seguenti: la velocità tangenziale moltiplicata per se stessa è uguale al diametro del circolo moltiplicato per la velocità centrale. Se il prodotto della prima è maggiore del secondo, la curva che ne risulta non è più circolare, ma *ellittica;* se la prima è esattamente doppia dell'altra, la curva è *parabolica*, e quando la prima è ancora maggiore, ne risulta la *iperbole*, di cui parleremo in altro luogo.

La via percorsa dai corpi celesti ci offre l'esempio più grandioso di simili movimenti. Agiscono del continuo sulla luna due forze, cioè quella di gravitazione verso la terra che la trascina verso il nostro globo, ed una forza rettangolare che in un minuto la spingerebbe per circa 200,000 piedi. Se in quel periodo di tempo agisse la sola attrazione terrestre, la luna cadrebbe colla velocità di 15 piedi al secondo sovra la terra in direzione verticale. Quindi è dalla combinazione delle due forze che risulta il suo cammino ellittico.

68. Forza centrifuga. — Se una sfera *m* fig. 62, trattenuta

da un filo, e in rapido movimento intorno al centro *c* rimane improvvisamente libera per rottura del filo stesso, essa si allontana dal detto centro. La direzione che prende allora è disegnata da una linea che cade perpendicolare, ad angolo retto sulla direzione del filo, al momento stesso che questo lo abbandona. Dato per es. che si trovi al punto *m*, essa fugge nella direzione *mx*.

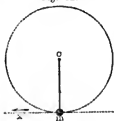



Fig. 62.

La velocità di questa palla che fugge è tanto maggiore quanto era maggiore la velocità con cui girava intorno al punto fisso.

I fanciulli si servono spesso di questa esperienza per lanciare in aria le palle rattenute da un pezzo di funicella.

Una più larga applicazione riceve un sì fatto fenomeno quando osserviamo in generale i corpi che ruotano sopra se stessi. In questo caso tutte le molecole dei medesimi che sono fuori del loro asse descrivono dei circoli intorno ad esso, e mantengono la tendenza d'allontanarsi da lui. Questa tendenza è detta *forza centrifuga*. Siccome durante un tal moto di rotazione tutte le particelle percorrono *contemporanee* il loro cammino intorno all'asse, così le più lontane da questo essendo animate da una maggiore velocità, devono necessariamente avere una tendenza centrifuga più energica delle altre che gli sono più prossime.

La terra è uno di questi corpi aggirantisi intorno al proprio asse, del quale le estremità sono i poli. Dalle premesse si deduce come le parti della terra che stanno all'equatore debbano avere maggiore forza centrifuga di quelle che stanno vicine ai poli.

Gli effetti della forza centrifuga si esternano soltanto allora che essa è maggiore della coerenza de'corpi rotanti, quindi è più grande in quelli di massa molle o disgregata. Col mezzo della *macchina centrifuga* (fig. 63), si ottiene una serie di esperienze che chiariscono assai questo argomento, e specialmente ove un cerchio elastico d'ottone *a b* si metta in moto per far vedere la causa dello schiaccia-

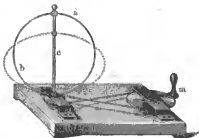



Fig. 63.

mento della terra (V. § 63). La forza centrifuga trova nella meccanica e nella tecnica applicazioni molteplici, quali sono p. e. il regolatore centrifugo, le macchine a vapore, e quella per raffinare gli zuccheri greggi. Siccome questi sono costituiti da piccoli cristalli bianchi di zucchero rattenuti dentro ad un sciroppo bruno, così presa la massa umida e collocata in recipienti a tamburo con parete crivellata, mentre si fan ruotar questi intorno al loro asse con grande rapidità, si ottiene che la maggior parte dello sciroppo spruzzi fuori per effetto della tendenza centrifuga che viene impressa alla massa. Dietro uguale principio sono praticati alcuni arnesi destinati al pronto rasciugamento della biancheria.

69. Dell'urto. — Se un corpo che trovasi in movimento colpisce contro di un altro, ha luogo un *urto;* e da questo possono avere origine molti fenomeni, a seconda della sostanza, della grandezza, direzione, velocità dei corpi che trovansi in relazione. In massima è stato osservato che sotto un urto i corpi molli e non elastici soffrono un appianamento permanente, e gli elastici lo soffrono passeggero; inoltre, che un urto esercita la sua piena azione allora soltanto che riesce centrale, cioè sul centro di gravità del corpo stesso.

Il procedimento relativo ai corpi solidi sotto l'urto si dimostra assai bene mediante due palle d'avorio attaccate e sospese con un filo, che danno i risultati seguenti:

Un corpo in movimento urtando contro un corpo in istato di quiete e che sia di massa eguale, perde del tutto il movimento proprio e comunica all'altro la velocità ch'egli possedeva.

Se la massa del corpo in quiete era maggiore di quella del corpo in movimento che lo ha urtato, la velocità che questo ha comunicato a quello sta in proporzione delle masse rispettive. Si può quindi con grandi masse e con mediocri velocità comunicare a masse minori una velocità ragguardevole, come viceversa con masse piccole dominate da una grandissima velocità mettere in movimento dei corpi voluminosi.

La piccola mitraglia e i pallini sono masse piccole di questa specie, delle quali si deve attribuire l'azione distruggitrice soltanto alla velocità e forza d'impulso.

Se un corpo colpisce verticalmente sopra un piano $s\ s'$ (fig. 64), egli rimbalza per effetto della elasticità reciproca nella stessa direzione. Ma se per converso l'urto avvenne sotto un angolo $d\ n$, il corpo urtante rimbalza nella direzione $n\ f$. Ciò si può dimostrare col mezzo di piccoli apparati (fig. 65) con grande facilità.

Un'applicazione pratica di questa verità si ha frequente nel bigliardo, e nei colpi di rimbalzo (*ricochet*) dell'artiglieria.

Fig. 64.

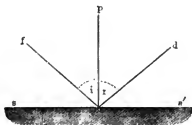



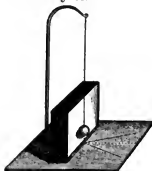
Fig. 65.

70. — Il movimento non si comunica equabilmente a tutte le parti d'un corpo, ma sì bene da prima a quelle soltanto che sono state colpite direttamente, dalle quali si trasmette poscia alle altre. Un piccolo urto può sparpagliarsi e suddividersi in ogni senso, e quindi una lastra, uno specchio può per lieve colpo andare in cento frantumi. All'incontro in questi stessi vetri il colpo d'una palla di carabina non produce che un piccolo foro rotondeggiante, perchè allora il punto della lastra colpito direttamente lo è con tanta sveltezza da non aver tempo di comunicare e diffondere agli altri la ricevuta impressione.

Fig. 66.

Da ciò dipende, ed anche in parte dalla forza d'inerzia, l'entrare che fa un martello più addentro nel manico ove questo si batta contro il suolo, come pure il noto giocherello (fig. 66) d'una moneta posta verticalmente sopra l'apertura d'una bottiglia mediante l'intermezzo d'una carta da giuoco. La moneta cade nella bottiglia quando colla necessaria rapidità venga sottratta la carta.

71. L'attrito è un essenziale impedimento del moto. Esso dipende da ciò che nessun corpo è perfettamente liscio. Si guardino attentamente colla lente i corpi più levigati, p. e. l'acciaio for-

bito e si vedrà che la loro superficie è tutta sparsa di asprezze, ossia di rilievi e affondamenti.

Quindi ogni volta che un corpo scorre sopra d'un altro, le asprezze dell'uno s'internano nei cavi dell'altro, come è dimostrato dalla fig. 67.

Quanto sono più depresse le elevatezze tanto più il corpo è levigato e tanto è minore l'*attrito*. Nei liquidi le cui molecole scivolano facilmente, l'attrito è naturalmente minore, ed è perciò che riempiendo le fossette superficiali dei corpi solidi col mezzo di liquidi specialmente oleosi, ovvero di polvere di grafite, lo sfregamento diminuisce notabilmente. Ond'è che vediamo tutto giorno ungere le ruote dei carri, ed altre parti delle macchine, acciò il loro movimento venga agevolato.

Fig. 67.

L'intensità dell'attrito sta inoltre in proporzione col peso del corpo che si muove; cosicchè di quanto questo è maggiore di altrettanto cresce anche quello. La estensione delle superficie che si soffregano è per questo riguardo senza influenza, perchè per ispingere p. e. un pezzo di ferro di 100 libbre sopra una rotaia di ferrovia, ci vuole una forza di libbre 27, 7, essendo indifferente che la massa sia in forma laminare o di ruota in contatto diretto colle rotaie.

L'ostacolo dell'attrito è adunque un elemento da valutarsi molto nella meccanica, ed i suoi *coefficienti* che danno il risultato della quantità dipendente dalla pressione che il corpo esercita sul piano sottostante, devono essere esattamente calcolati. Nello scorrere d'un corpo sopra un cammino orizzontale, è necessaria, come si disse al § 52, soltanto la forza corrispondente alla resistenza dell'attrito. Se p. e. un oggetto pesa 500 kil. e sia per esperienza il coefficiente dell'attrito $=2/5$, saranno necessariamente da impiegarsi pel movimento in avanti soli kil. 200. L'apparato disegnato nella fig. 51, giova eziandio ad esperienze comparative sull'attrito di scivolamento, ed è da osservare che corpi dotati di superficie disformi cominciano da sè a levigare collo sfregamento i piani loro corrispondenti.

Del resto l'attrito rende in molti casi essenziali servigi. Se p. e. si sdrucciola sul ghiaccio, o sopra pavimenti liscii, ciò deriva soltanto dalla insufficienza dell'attrito; un cavallo può in certe

circostanze, specialmente nelle discese, tirar meglio se il conduttore si ripone sul carro, od accresce lo sfregamento. Nell'uso della vite, del cuneo, e in tutti gli apparecchi di arresto, compresi i freni dei convogli delle ferrovie, l'utile che se ne trae dipende da questa resistenza soltanto.

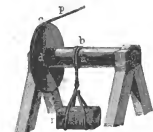
c) *Della Meccanica.*

72. — La meccanica è la scienza delle *forze* e del *movimento*. Il problema del meccanico pratico è di ottenere un qualunque propostosi movimento col minore possibile dispendio; la soluzione del problema è l'applicazione d'accomodati stromenti, che si appellano macchine. Non è scopo di questo libro di trattare *ex professo* dell'argomento; ma richiamare specialmente la attenzione a quella macchina ch'è divenuta una vera potenza mondiale.

Si distinguono le macchine *semplici* dalle *composte*. Le prime abbiamo in addietro conosciuto più davvicino essere p. e. la leva, il piano inclinato, la carrucola e le altre forme diverse della leva, come pure tutti i nostri stromenti domestici. L'anatomia stessa c'insegna come la maggior parte dei movimenti del corpo si riducano a moti di leva e siano soggetti alle medesime sue leggi.

Dalla combinazione di varie macchine semplici si hanno le composte, le quali per quanto si presentino complicate al nostro sguardo, si possono pur sempre risolvere in macchine semplici.

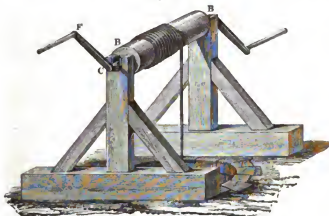
73. Il fusolo della ruota (fig. 68), è un ordigno a foggia di carrucola, che è composto di un cilindro rigido, mobile intorno al suo asse, e di un disco nel cui centro quello va a battere, e sul quale esso sta a piombo.

Fig. 68.

Il peso che per mezzo d'una tal macchina è portato in alto, o deve esser tirato orizzontalmente, agisce d'ordinario all'estremità d'una fune attorta attorno al fusolo; all'incontro la forza ha la sua sede alla periferia del cilindro, e per conseguenza è lontana dal punto d'appoggio e di rotazione molto più che quella estremità della fune.

Anche qui si verificano le leggi spiegate al § 48.

A rappresentare il braccio di leva della potenza abbiamo il raggio *c d* della ruota; come braccio della resistenza è il raggio *a b* del cilindro. Quindi la potenza si comporta sulla resistenza in ragione inversa del raggio della ruota al raggio del cilindro. Se p. e. *a b* è soltanto un quinto di *c d*, si può colla corda tenere in equilibrio con 100 kil. un peso *r* di 500 kil.

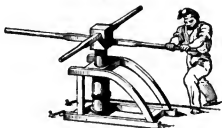
Invece della ruota sono collocate talora alla estremità del cilindro delle spranghe, o manovelle in croce sulla medesima sulle quali opera la forza, e allora alla macchina si dà il nome di *argano*. In questo il braccio di leva della potenza è quella parte della spranga che si stende fra il punto a cui s'attacca la forza, fino all'asse del cilindro. Se la potenza s'applica direttamente ad una

Fig. 69.

manovella lo stromento si chiama *barbora* (fig. 69). Nel *fusolo della ruota* si trovano sul contorno della ruota stessa dei manichi a cui la forza si apprende.

Il *verricello* o *argano* si distingue dai meccanismi ora citati in ciò, che il suo cilindro è posto verticalmente, come si vede nella fig. 70, ed è destinato in particolare all'innalzamento di pesi dal suolo.

Apparisce da ciò come della forza che si attua col fusolo della ruota si possa tirar profitto in modi molto diversi, perchè essa ora è, come nelle ale di un mulino a vento, una forza di pressione esercitata sopra una manovella; ora una caduta d'acqua sulle pale fissate al perimetro della ruota; ora una ruota che si fa gi-

rare co' piedi d'uomini o di cavalli; ora una forza di trazione che si applica alla manovella, ordinariamente per mezzo d'un ca-

Fig. 70.

vallo. Nelle ruote da molino, e più ancora in quelle d'orologio, troviamo occasione di vedere in pratica quanto fu esposto.

74. *Trasmissione del movimento.* — Nella composizione di una macchina si sogliono distinguere tre ordini principali di parti che sono: 1° quelle in cui si svolge la forza motrice;

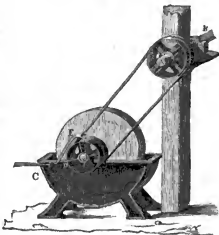
2° quelle in cui agisce la resistenza;

3° quelle che poste fra le une e le altre servono a trasmettere la forza. In una macchina semplice, p. e. nel piccone, tutte queste parti si trovano unite in un pezzo solo.

Per converso nelle composte è generalmente necessario un apparecchio intermedio per condurre la forza alla macchina che compie il lavoro, come sarebbe, a cagion d'esempio, dalla ruota d'acqua al molino fino alla pietra da macina. A quest'uso servono specialmente i rulli, le funi eterne e tutte le varie maniere di ruote dentate o rocchetti, ecc.

Entriamo, per aver un'idea di ciò, in una filatura od in una officina meccanica, e a destra ed a sinistra del vestibolo e per tutta la lunghezza delle sale vedremo filiere meccaniche in pieno esercizio, nessuna delle quali presenta visibile una potenza immediata che le muova. Alziamo però gli occhi al soffitto e vi scorgeremo un cilindro esteso per tutta la sua lunghezza in continuo moto rotatorio, il quale per aperture fatte nelle pareti divisorie delle camere, entra, e talora si fissa alla parete opposta, ed ivi pure comunica il suo movimento. Con questo cilindro di trasmissione sono in colleganza anche tutti gli altri ordigni dell'opificio, e quel cilindro stesso da cui sembra partire il movimento, riceve il suo impulso dal di fuori o mediante una ruota ad acqua, o per mezzo d'una macchina a vapore.

75. La *fune* così detta *eterna*, o *senza fine* viene adoperata quando occorra comunicare da un cilindro ad un altro parallelo e distante un moto di rotazione, come p. e. dal già accennato argano alle varie opere meccaniche. A quest'uopo si trovano a diverse distanze fisse nel cilindro stesso alcune girelle (dette anche tamburi) che si aggirano con esso ed intorno a cui è ricevuta una corda od una correggia, saldata in se stessa alle sue estremità, e perciò senza capi. Questa correggia che va dal cilindro ad un'opera qualunque, la mette in moto. La figura 71 presenta appunto un cilindro $A\,B$ che mette in movimento una pietra da arrotino. Quando il lavoro dev'essere interrotto si fa scivolare la correggia mediante un manico-leva $C\,D\,E$ sovra una carrucola vicina che non è in comunicazione coll'asse della pietra, ma può ravvolgersi intorno ad essa, per cui si muove questa sola, e la pietra si ferma. Questa operazione si dice *disimpegnare* la macchina.

Fig. 71.

La fune senza fine è aperta, come nella figura 71, o incrocicchiata, come nelle ordinarie ruote dei tessitori, o nella macchina centrifuga (fig. 63). Rispetto alla sua azione dobbiamo avvertire, che una metà della corda è più tesa dell'altra, dacchè naturalmente non avrebbe luogo rotazione se fosse tutta tesa egualmente.

Se due ruote A e B intorno a cui s'aggira la corda hanno egual diametro ed A vien messo in movimento, B acquista la stessa velocità rotatoria. Se invece A è più grande di B, questo ultimo è più celere ne'suoi movimenti in relazione ai diametri della ruota, come si osserva nel rocchetto della ruota dei tessitori, nella macchina centrifuga, ecc.

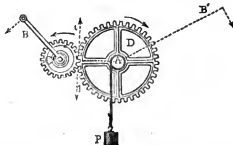
Immaginiamo inoltre due ruote unite da una corda A e B, e che al cilindro della ruota minore A, avente un diametro che è la metà, un terzo, un quarto $1/n$ della ruota B, agisca una data forza

mediante una manovella, questa forza produrrà il medesimo effetto come se fosse la manovella di lunghezza 2, 3, 4, n volte applicata all'asse della maggiore ruota B direttamente.

76. — *Le ruote dentate* costituiscono tante svariate *opere a dente* nella meccanica, da superare per movimento e per più diretta azione quelle a cilindro, le quali esercitano pur sempre la loro azione o parallelamente ovvero ad angolo. Al contorno delle ruote così fatte si trovano dei denti che s'ingranano scambievolmente, cosicchè una non può muoversi, senza comunicare all'altra un moto in direzione opposta.

Del resto vagliano per le ruote dentate gli stessi principii che abbiamo sviluppati per le funi senza fine, inquantochè per le ruote d'egual diametro il movimento resta immutato fra l'una e l'altra; in quelle di diametro diverso avviene che la minore faccia giri, e tanto più celeri quanto è maggiore il numero de' denti che s'incontrano con quelli della sua compagna. Si possono con questa mettere in contatto una terza, indi una quarta ruota, e via discorrendo, sempre di grandezza decrescente, ed ottenere per ultimo una grandissima celerità rotatoria.

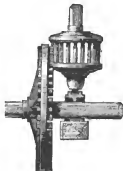
È altresì da notare che se all'albero d'una piccola ruota C si applica una forza F colla manovella B (fig. 72), e il diametro

Fig. 72.

della ruota C non sia che un terzo, un quarto, un quinto, $1/n$ della grande ruota D, la forza F produce lo stesso effetto come se fosse applicata immediatamente all'asse A della ruota maggiore D, mediante una manovella 3, 4, 5, n volte più lunga (in questa figura è B'). Siccome però queste lunghe manovelle sono incomode e poco maneggevoli, così si usano a preferenza le combinazioni di ruote dentate, il cui moto direttamente comunicato si qualifica col nome d'*impulso*, o *spinta* (c fig. 72).

Si comprende facilmente come tutti i fenomeni abbiano luogo in senso contrario quando il movimento si trasmetta da una ruota grande ad una minore, ciò che, a cagione dell'attrito, reca nelle opere a dente qualche perdita negli effetti.

77. *Le ruote coniche* od a forma di trottolo servono a trasmettere il movimento di un asse orizzontale ad uno verticale (fig. 73) o viceversa, e rispetto alla loro azione si può ripetere quanto si è detto sopra in generale sulle ruote dentate.

La figura 73 rappresenta due ruote coniche, chiamate anche d'*angolo* che servono a mettere in comunicazione due alberi, i quali fanno tra loro angolo retto.

Fig. 73. Fig. 74.

Nella fig. 74 è indicato un ingranaggio d'altra specie, che serve egualmente a comunicare il moto di rotazione d'un albero ad un altro che gli è perpendicolare. La forma particolare della ruota più piccola le fece dare dai meccanici il nome di *lanterna*.

78. — I turbamenti che può soffrire facilmente una macchina nel suo regolare andamento quando la forza motrice non opera in uniforme maniera, renderebbero impossibile il compimento delle opere di meccanica, ove mancasse ogni mezzo di togliere l'efficacia di quelle alterazioni.

A quest'uopo, quando si tratta di meccanismi in grande si connette all'albero mobile una grande e pesante ruota di ghisa, la quale (fig. 75) gira attorno a se stessa, e le si dà il nome di ruota oscillatoria, o *volante*, ed ecco in qual modo essa produce il desiderato effetto.

Quando la potenza motrice diviene in un meccanismo superiore alla resistenza da superare, è certo che il movimento della mac-

china ne viene accelerato; ma codesto acceleramento prodotto da uno stesso grado d'aumento nella potenza può essere assai diverso, secondo la grandezza e la disposizione dei varii pezzi che vi partecipano. Perciò, ove alla macchina vengano fissati dei corpi pesanti che debbano muoversi insieme con lei, e sovratutto quando essi siano di tal forma da acquistar abitualmente una grande velocità, è evidente che si renderà la macchina stessa assai meno sensibile all'azione di qualsiasi forza acceleratrice. Dovendo la quantità di moto prodotta da questa forza ripartirsi tra tutti i pezzi che si movono insieme, ciascun di essi non ne riceverà che una frazione tanto più debole quanto maggiore sarà quella che tocca alle masse addizionali, e nel caso da noi supposto al *volante*.

Fig. 75.

In simil guisa se la potenza divien troppo debole, cosicchè non possa far equilibrio alle resistenze, l'eccesso di queste ultime tenderà a rallentare il movimento, ma un tal rallentamento si renderà molto minore giacchè per la legge d'inerzia il volante conserverà almeno per breve tratto la prima sua velocità, e la manterrà anche nelle altre parti, finchè le cose siano ridotte alle condizioni normali.

Questa specie di ruota trova la sua applicazione nelle opere a cilindro, in quelle a conio, nelle macchine a vapore fisse, nei tornj, negli orologi da tasca, nelle macchine da arrotino, e in esse si rende tanto più notevole la sua efficacia perchè indipendente da ogni forza fittizia e di azione tanto maggiore quanto più grande è la sua periferia, aumentandosi proporzionatamente il suo peso per darle la solidità conveniente.

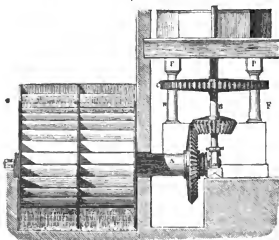
79. — Fra le infinite macchine destinate a diversi intenti crediamo meritevoli di speciale descrizione due singolarmente come quelle che sono connesse in modo così intimo coi bisogni nostri che non può a meno di esser utile il conoscerne la costruttura.

Sono queste il *mulino* che ci appresta il pane cotidiano, e l'*o*-

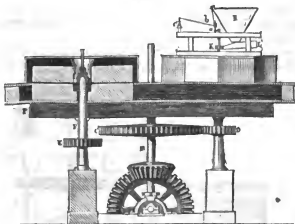
rologio che co'suoi piccoli segni regola le complesse vicissitudini del gran mondo civile.

80. Mulino. — La più parte, i nostri mulini da grano sono mossi dall'acqua, la quale condotta per apposite gore, e per doccie, o batte contro le pale d'una ruota, o si versa in truogoli applicati alla circonferenza di essa, ed imprime un movimento proporzionato alla sua massa e velocità.

L'albero *A* della ruota idraulica (fig. 76) penetra nell'interno dell'edificio che racchiude il mulino, e comunica il suo movimento

Fig. 76.

di rotazione ad un'albero verticale *B* coll'aiuto di ruote d'ingranaggio. Su quest'albero *B* è fissata una gran ruota orizzontale dentata *C*, la quale può comunicare il suo movimento a due macine per mezzo di due altre ruote dentate più piccole *D E* (Fig. 77). Ciascuna di esse può scorrere lungo l'albero verticale sul quale è montata, e quando sia collocata nella posizione in cui deve rimanere, vien fissata all'albero stesso mercè di cunei, e scanalature praticate a tal uopo. In questo modo le ruote *D E* possono essere portate all'altezza della gran ruota *C* per ingranarsi con essa, oppure abbassate per sopprimere la comunicazione del movimento. Si potrà pertanto mettere in azione, a proprio talento, le due macine in un tratto, oppure una sola. La figura 77 mostra le due paja di macine che corrispondono alle due ruote *D F*, ma non le

mostra nello stesso modo. Nella porzione a sinistra della figura, si vedrà uno spaccato destinato e metter in chiaro la disposizione

Fig. 77.

relativa delle due macine fra le quali viene stritolato il grano. La porzione a destra è invece una elevazione che mostra il cassone ottangolare in legno, nell'interno del quale son collocate le macine, come pure l'apparecchio sovrastante destinato a fornir loro il grano.

L'albero F sul quale è imperniata la ruota E traversa una prima macina che resta fissa, e che si denomina perciò *dormiente;* si eleva un poco al disopra di essa e sostiene in testa la seconda macina detta *corrente*. Questa non ha altro punto d'appoggio; il suo centro di gravità deve trovarsi situato in guisa che la sua faccia inferiore si mantenga orizzontale, affinchè resti una stessa distanza fra le superficie delle due macine, al quale intento si usa aggiungere un po' di stucco in diversi punti della faccia superiore acciò equilibrandosi il peso, la macina non possa pender nè da una parte nè dall'altra. Affine poi d'ottener che le due macine sieno alla conveniente distanza l'una dall'altra, si alza o si abbassa la macina corrente coll'aiuto di una vite, sulla quale riposa il perno inferiore dell'albero F.

Il grano che dev'essere macinato, è versato in un recipiente piramidale di legno senza fondo I detto *tramoggia*, la cui bocca superiore è più larga, e l'inferiore più stretta e chiusa quasi

completamente da un legno concavo o a foggia di tegolo tenuto da cordicelle alquanto inclinato, e sospeso sotto di essa a ricevere il grano che ne cade per versarlo a poco a poco pel foro del coperchio della macina. In un prolungamento dell'albero che porta la macina corrente sono infissi parecchi piuoli, che nel girare danno alla cassetta delle piccole scosse per le quali il grano a poco a poco precipita.

Una campanella *C* avverte il mugnaio quando la tramoggia non ha più grano. Dalla campanella cioè parte un cordone *b* verso la cavicchia *b* e da questa per mezzo di una carrucola entro la tramoggia, portando alla sua estremità un grosso ma leggero tappo di legno che rimane sprofondato dal grano che il mugnaio versa nella tramoggia per guisa che la cavicchia *b* si trovi a tale altezza da non essere tocca dal piuolo *a* durante la rotazione dell'albero. Ma quando la quantità di grano viene a poco a poco a diminuire, non sostiene più il pezzo di legno, per modo che la cavicchia cade, e il piuolo girando, e battendo contro di essa fa suonare il campanello.

Il diametro d'una macina è generalmente di 4 piedi (m. 1, 20) la corrente fa circa 70 rotazioni in un minuto, e due pietre mori possono, in 24 ore, macinare 500 o 600 libbre (*peso tedesco*) di grano (circa 250-300 chilogrammi di grano).

81. Orologio. — Dopo l'alimento, il vestito e l'abitazione (scrive il D. Lardner) cose tutte assolutamente indispensabili alla vita fisica, uno dei primi bisogni d'una società che esce dalla barbarie, sono i mezzi di misurare e registrare il tempo. Quando si riesca a dare ad un corpo un movimento costantemente equabile di guisa che descriva in uguali porzioni di tempo spazii del pari uguali, questo movimento ci somministrerà il segnalato servizio d'una misura del tempo e tale è appunto l'ufficio d'un buon orologio. Sarebbe facile da sciogliere il problema, se avessimo a nostra disposizione delle forze operanti con nna perfetta equabilità. Ma pur troppo non è questo il caso nostro, perchè tanto il peso cadente, quanto la molla che sono i mezzi usati negli orologi come i migliori moventi, danno effetti ineguali.

Ravvolgiamo, come nella fig. 78, uua corda attorno ad un tamburo, destinato a trasmettere il movimento mediante una ruota dentata che gli è connessa; questo apparecchio, per la trazione del peso, farà dei giri, da prima più lenti, indi sempre più rapidi, perchè il peso come corpo cadente acquista una velocità rapidamente accelerata.

Serviamoci invece d'una molla molto elastica d'acciaio (fig. 79), di cui l'esterna estremità sia attaccata ad un punto fisso o alla fascia del cilindro cui vuolsi che essa comunichi il movimento, e l'interno ad un asse o albero che ruoti intorno a se stesso. Ravvolta questa molla in spirale sopra se medesima, vediamo che cosa accade lasciando l'apparecchio in libertà di far girare, per solo effetto della elasticità della molla, l'asse in senso contrario (fig. 80).

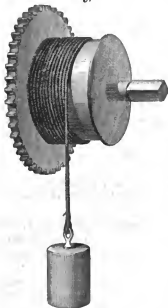



Fig. 78.

Al primo momento in cui la molla è fortemente tesa, la rotazione dovrà effettuarsi con maggiore rapidità, ma venirsi rallentando in progresso, fino a cessare del tutto quando la molla abbia ripreso la naturale sua forma.

Le opere a ruota che o per mezzo di pesi, o per opera di molle comunicano il movimento, darebbero pertanto per risultato una rotazione troppo inequabile, la quale non gioverebbe per poter imprimere ad un indice la possibilità di segnare sovra una mostra ad ogni ora tempi perfettamente uguali.

Fig. 79.

82. — Peraltro se noi allo svolgersi che fa la corda per effetto di un peso pendente, porremo un freno mediante un ostacolo che agisca regolarmente ed a molto brevi distanze di tempo, è chiaro che il peso non sarà più soggetto a velocità accelerata, e

che la corda si svilupperà dal tamburo adagio adagio e regolar-

Fig. 80.

mente; come pure che l'apparecchio il quale andasse unito a questo meccanismo riceverà un impulso corrispondente di movimento. Se parimenti una molla che pel suo ravvolgimento è tesa e congiunta coll'asse d'un'opera a dente, trovi a brevissime distanze di tempo un passeggero impedimento, non potrà più distendersi rapidamente, ma la sua forza espansiva si dividerà in tempi più lunghi.

Fig. 81.

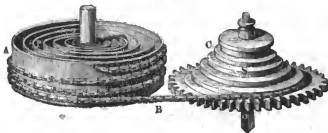
Queste considerazioni condussero alla scoperta d'un meccanismo acconcio a tutti gli orologi, che ha in generale il nome di *scappamento*, le cui forme sono diverse e vennero di mano in mano perfezionandosi, giacchè da esso dipende la precisione dell'orologio.

L'impiego del pendolo come regolatore del movimento d'un orologio fu sin dal 1657 imaginato da Huyghens, e ciò per la giusta considerazione che la durata delle sue oscillazioni non prova differenza dalla variazione della loro ampiezza, e fino ad un certo punto è sempre la stessa.

Lo scappamento di cui più comunemente si fa uso per far comunicare le ruote dell'orologio col pendolo regolatore è quello così detto ad *àncora*, rappresentato nella fig. 81. Un pezzo *ab* in forma d'àncora è sospeso ad un asse orizzontale, e può liberamente volgersi intorno ad esso. Quest'àncora riceve dal pendolo un movimento oscillatorio attorno al proprio asse di sospensione. Fra le sue estremità *a* e *b* trovasi una ruota dentata fissata all'ultimo albero del meccanismo, ed alla quale il motore tende costantemente d'imprimere un movimento di rotazione. I denti di questa ruota vengono alternativamente ad appoggiarsi sulla faccia inferiore della branca *a* dell'àncora, e sulla superiore della branca *b*. Si capisce facilmente che quando il pendolo è posto in oscillazione, le branche ora a destra ora a sinistra s'ingranano con li denti della ruota ed esercitano su questi gli effetti d'un ostacolo passeggero, per modo che l'accelerata velocità del corpo cadente è convertita in una velocità uniforme. Se l'àncora ha una posizione orizzontale, le due branche intaccano contemporaneamente, ed impediscono l'aggirarsi della ruota dentata, per guisa che si può portare orizzontalmente un orologio a pendolo, purchè questo pendolo stia alcuni momenti in posizione verticale, e poscia di nuovo si metta in movimento col dargli una piccola scossa.

83. — Maggiore difficoltà presenta la regolarizzazione degli orologi da tasca a cui non può applicarsi un pendolo.

L'espediente col quale si procacciò di togliere le variazioni della forza motrice della molla, consistono in una catenella flessi-

Fig. 82.

bile e in un corpo conico sul quale essa si avvolge e che denominasi la *piramide*.

Sì l'una come l'altra vedonsi rappresentate nella fig. 82. La molla è attaccata per la sua estremità interna all'asse fisso, e

per la sua estremità esterna iu A ad una fascia che può girare intorno all'asse fisso. Una catenella B è attaccata per l'un de' capi alla fascia in A, e ravvolta parecchie volte intorno alla medesima, e per l'altro capo è attaccata alla più bassa scanalatura della piramide. La qual piramide non è che un tamburo fatto a cono, sul quale si aggira una scanalatura a spirale continuata dalla base alla cima per ricevere la catenella. La base è una ruota dentata per la quale il movimento comunicato dalla molla e catenella alla piramide stessa si trasmette attraverso ad un complicato congegno di ruote, sino agl'indicatori delle ore. La piramide poi è fissata su di un asse o albero, l'estremità inferiore del quale O è di forma quadrangolare acciò dia presa alla chiavetta.

L'azione della molla comunicata dalla fascia alla catena e da questa alla piramide, tende a trasmettere alla piramide un movimento di rotazione. La piramide è connessa colla ruota dentata mediante un rotino e un nottolino; il primo che dicesi *ruotino della caricatura* è una piccola ruota dentata a sega, infissa nell'albero e collocata in una piccola incavatura nella base della piramide; e col ruotino imbocca una piccola molla che fa l'ufficio di nottolino, e non gli permette di girare che in un solo verso.

Ciò posto, supponiamo che venga applicata la chiavetta all'estremità quadrata O dell'asse della piramide e sia fatta girare in direzione contraria a quella che è consentita dal predetto nottolino; la piramide allora girerà, ma la ruota non potrà girare con essa; la catena B darà alla fascia A un movimento di rivoluzione contrario, così che si svolgerà gradatamente dalla fascia, avvolgendosi in pari tempo sulla scanalatura spirale della medesima finchè vi si adagi in tutta la sua lunghezza.

Durante questo processo, l'estremità esterna della molla, attaccata alla fascia in A gira colla fascia istessa, mentre l'estremità interna è fissata all'asse che non gira. In questo modo la molla viene sempre più stretta attorno al medesimo, finchè tutta la catena sia passata sulla coclea della piramide, e in questo stato l'intensità della forza elastica della molla, e la conseguente tensione della catena è massima.

Caricato così l'orologio ed abbandonato all'azione della molla, la tensione della catena B diretta dalla piramide alla molla farà girar la piramide in senso contrario al primo, agendo dapprincipio sulla scanalatura più alta e più piccola. Di mano in mano che la catena dalla piramide si scarica sulla fascia, la sua tensione diminuisce in ragione del rilasciamento della molla, e del più ampio

raggio di scanalatura su cui agisce; cosicchè quando l'intera catena siasi svolta dalla piramide sulla fascia, l'orologio trovasi scaricato e si arresta.

Ora il potere che ha la catena di comunicare un movimento di rivoluzione alla piramide dipende da due condizioni, le quali sono la forza della sua tensione e la qualità di leva con cui questa tensione agisce. Siccome la leva in questo caso è il semidiametro della scanalatura sulla quale s'avvolge la catena al punto dov'essa passa dalla piramide alla fascia, così è facile comprendere come richiedasi minor forza per far girare una ruota quando si applichi a molta distanza dall'asse che applicandola a piccola distanza. E perciò si comprende come la forza di tensione della catena per imprimere un movimento di rotazione alla piramide, aumenti esattamente nella proporzione con cui aumenta la grandezza della scanalatura.

Quindi la forma data alla piramide è tale che nella stessa proporzione con cui viene scemando la tensione della catena, per il suo svolgersi dalla piramide, il diametro della scanalatura va aumentando, di che avviene che la forza della catena guadagna esattamente, per l'aumento della forza di leva, ciò che perde nella propria intensità, e così rimane invariabile, od almeno ne nasce una quasi perfetta *compensazione*.

Al compiuto regolamento dell'orologio non basta però il descritto congegno, ma fu necessario ricorrere ad altri meccanismi che valessero ad impedir in un modo più perfetto le variazioni.

A questo scopo si aggiunse alle diverse ruote dell'orologio un pezzo particolare che oscilla regolarmente, e che ad ogni oscillazione arresta intieramente il movimento delle ruote. Di tal modo quel movimento riesce intermittente, e le lancette che servono a segnare il tempo sulla mostra, in luogo di girare con continuità non camminano che per spinte, ma la quantità dello spostamento per ciascheduna è così minima che l'occhio non può avvedersene, e che tutto insieme il lor movimento ha le apparenze d'un moto continuo estremamente lento. Solo nel caso, in cui la lancetta giri assai rapidamente sulla mostra, come fa quella che segna i minuti secondi, quel moto sussultorio diventa sensibile.

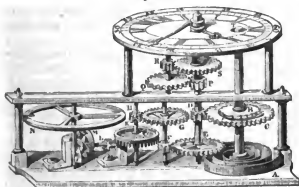
Il pezzo oscillante, al quale abbiamo accennato, ebbe il nome di *regolatore*, e tutti gli altri che sono destinati a stabilire una comunicazione fra esso e le diverse ruote, si comprendono sotto la generale denominazione di *scappamento*.

Il primo regolatore adoperato per gli orologi da tasca consiste

in una ruota metallica, posta in bilico contro la faccia esterna della cartella inferiore dell'orologio e parallela ad essa. Essa ruota, che è una specie di piccolo volante, non prende da se medesima un movimento d'oscillazione attorno al proprio asse dietro un'impulsione comunicatale, ma le sue oscillazioni sono prodotte dall'azione del motore stesso, azione che viene trasmessa mediante le ruote e lo scappamento.

La fig. 83, nella quale per render più evidente il meccanismo, fu ommessa la piramide, e si aumentò d'alquanto la distanza scambievole delle varie parti, gioverà a farci chiari del modo con cui si comunica il movimento, e come avvenga che le lancette delle ore e dei minuti procedano sulla medesima mostra con disuguale velocità.

La molla *A* che ha fissa una delle sue estremità, tende a far girar coll'altra, che è l'interna, l'asse al quale è attaccata. Questo

Fig. 83.

asse porta una ruota a rocchetto *B*, la quale per l'intermezzo della piastrina o nottolino *o* opera sulla ruota dentata *C*. Questa mette in moto il rocchetto *F* e la ruota *G*, la quale a sua volta fa girare il ronchetto *H*. L'asse di questo rocchetto, volge nel suo movimento la sottoposta ruota a corona *K* che s'ingrana col rocchetto *L*, e l'asse del rocchetto *L* fa girar la rnota *M* dentellata in forma particolare e chiamata *serpentina*.

Dinanzi a questa ruota passa l'asse o *asta* del regolatore *N*, il qual asse è munito di due palette *i i* consistenti in due denti piani o *alette*, infisse a squadra, anzi ad angolo un po' maggiore del

retto nella lunghezza dell'asse, distanti l'una dall'altra quanto è il diametro della serpentina, Quando questa gira, i suoi denti vengono alternativamente ad imboccare ed urtare le due pallette; la palletta *i* riceve un' impulsione che la fa muovere dall'avanti all'indietro, ma ben tosto l'altra palletta *i'* venendo a mettersi sul passaggio d'un dente della ruota ne riceve un'altra impulsione che la respinge in avanti. La paletta *i* trovasi allora di nuovo collocata in maniera da venir incontrata dai denti della ruota, e ne è respinta in dietro, e così di seguito di mano in mano che la serpentina gira le due pallette sono urtate verso l'avanti e verso l'indietro.

Se non che questa maniera di regolatore non può di per se sola dare risultamenti perfetti. Ogni movimento che prende la *bilancia* le è comunicato dall'azione d'un dente della serpentina sovra una delle palette, e si effettua con maggiore o minore rapidità secondo che l'urto è più o meno intenso. Le variazioni che possono aver luogo nella molla, quelle che derivano dagli attriti delle diverse parti, possono con facilità cagionare una diversità di durata nelle oscillazioni successive della bilancia. Vedremo più sotto, come siasi cercato di rimediarvi.

Osserviamo intanto col sussidio della fig. 83 il meccanismo per cui si muovono le lancette sulla mostra con velocità differente.

L'asse della ruota *E* si prolunga, ed alla sua estremità è fissata la lancetta dei minuti. È necessario pertanto che la molla motrice e il regolatore sieno disposti di guisa che quest'asse faccia un compiuto giro nello spazio d'un'ora. Su questo medesimo asse è montato un rocchetto *P* che l'ingrana con una ruota *Q*, e l'asse di questa ruota porta un altro rocchetto *R* che s'ingrana con una ruota *S*. Quest'ultima è fissata ad un cilindro vuoto, nel quale passa liberamente l'asse della lancetta dei minuti, ed è all'estremità di quel cilindro che si adatta la lancetta delle ore.

In questo modo le due lancette si muovono circolarmente attorno un medesimo centro, quantunque non siano animate da un medesimo movimento. Il rocchetto *P* porta 8 denti, e la ruota *Q* 24; la ruota dei minuti perciò fa 3 giri, intanto che la *Q* ne fa un solo. D'altra parte il rocchetto *R* ha 8 denti, e la ruota *S* ne ha 32; perciò la ruota *Q* fa 4 giri intanto che la *S* ne fa 1. La ruota *S* fa quindi 1 giro nel tempo che la ruota dei minuti ne fa 12 e per conseguenza il cilindro vuoto che serve di asse a questa ruota è ben addatto a condurre sulla mostra la lancetta delle ore.

L'insieme delle ruote e rocchetti *PQRS* colle due lancette delle

ore e dei minuti riceve il movimento dal solo asse della ruota *E*. La comunicazione del movimento di quest'asse a tutta la parte del meccanismo che sta immediatamente sotto alla mostra, viene effettuata in maniera tale da poter far camminare le lancette, senza chè la ruota *E* abbia a girare essa stessa. A questo fine, in luogo un asse unico che porti la ruota *E* coi rocchetti *D* e *P* e l'indice dei minuti, se ne trovano due collocati l'uno dopo l'altro; il primo porta la ruota *E* e il rocchetto *D*, l'altro il rocchetto *P* e la lancetta dei minuti.

L'uno di questi assi è scavato alla sua estremità e l'altro asse penetra in questa cavità a sfregamento, in modo che venendo a girar l'uno dei due, anche l'altro dovrà seguirlo, tranne il caso di una resistenza che superi l'attrito. Allorchè la ruota *E* gira, essa volge con sè il rocchetto *P* e per conseguenza le lancette le quali non offrono che una debolissima resistenza; ma se al contrario si vuol far girare direttamente la lancetta dei minuti, l'asse di essa non trascinerà l'asse della ruota *E* nel suo movimento a cagione della resistenza opposta da tutto il meccanismo che dovrebbe muoversi nel medesimo tempo che la ruota *E*. La lancetta dei minuti non fa volger con sè che le ruote e i rocchetti *PQRS*, e la lancetta delle ore, ma tutte le altre ruote restano in riposo.

La molla che dà vita a tutto il meccanismo, non può agire indefinitivamente, e quando essa è rilassata convien che sia tesa di nuovo per operare, il che si chiama *caricar l'orologio.* Per tender la molla *A* si adatta una chiavetta all'estremità quadrangolare *T* dell'asse al quale è internamente attaccata, e si fa girar quest'asse in senso contrario a quello in cui lo fa abitualmente girare l'azione della molla. Se la ruota *C* fosse fissa a quest'asse, essa girerebbe con lui, e trascinerebbe necessariamente tutto il meccanismo, comprese le lancette, in quel movimento retrogrado. Ad impedir ciò si fa agir sovra la ruota *C* l'asse d'una molla motrice per l'intermezzo d'una ruota dentata *B* e d'un nottolino *o* sul quale appoggia costantemente una piccola molla a pressione. In questa maniera la ruota *C* non viene trascinata dall'asse, se non quando questo cede all'azione della molla motrice, e mentre si fa girar l'asse in senso contrario, per tender la molla, esso non strascina seco altro che la ruota *B*, i cui denti successivamente passano sotto il nottolino *o*, facendo udire quello scricchiollo che tutti avvertono nel caricar l'orologio.

Tornando ora allo studio del regolatore del movimento, abbiamo già veduto come di mano in mano che la ruota *M* gira, le alette *i i*

sieno urtate all'innanzi o all'indietro. L'asse e la bilancia N sono obbligati perciò a compiere quarti di giro.

Se le oscillazioni del bilanciere fossero d'eguale durata di quelle del pendolo sarebbero uguali altresì i momenti d'arresto, e conseguentemente il passo dell'orologio sarebbe esso pure regolare. Ma ciò non accade, perchè la molla stessa essendo come si disse, la vera forza produttrice delle oscillazioni della bilancia, anzi quella che la mantiene, non può a meno d'imprimerle le ineguaglianze del movimento proprio.

Un'importante compensazione a questo inconveniente fu ottenuta coll'applicazione della così detta *spirale*, molla d'acciaio sottilissima quasi capillare contorta su di sè in larghe spire, con una delle estremità fermata nell'asta della bilancia, coll'altra in un pezzo d'ottone, detto *nascetto*, ficcato a forza nella cartella inferiore dell'orologio. Fig. 84.

Fig. 84.

Ed ecco in qual guisa esso opera. Allorquando si fa girar la bilancia sia in un senso sia in un altro, la spirale si trova alterata alquanto nella forma da essa presa naturalmente per le leggi di equilibrio; ed in virtù della propria elasticità tende a riprendere la figura che aveva precedentemente, e quindi a ricondur la bilancia, alla cui periferìa è fissa, verso la sua primitiva posizione. Se non che nel momento in cui la spirale ha ripigliato esattamente la sua figura d'equilibrio, la bilancia è animata da una velocità per la quale continua a girar nello stesso senso; la spirale torna perciò a sformarsi in senso opposto ed oppone alla bilancia una resistenza crescente che finisce coll'arrestarne il moto. Allora la spirale continuando ad agire sulla bilancia torna a ricondurla alla sua posizione primitiva; questa la sorpassa, e così di nuovo si alternano i movimenti e le fermate. Abbiamo dunque in tal modo una serie di leggiere scosse ad oscillazioni uguali e d'uguale durata di quelle del pendolo colla sola differenza che in questo sono verticali, nella spirale sono orizzontali e dipendenti dalla sua elasticità, mentre sono nel pendolo mantenute dalla gravità. In tal guisa è stato possibile il compartire agli orologi da tasca un arresto regolare nel passo e dar loro dopo l'applicazione della spirale il maggior grado di precisione.

Siccome per le cose sopra accennate l'orologio è regolato dalle oscillazioni della bilancia, bisogna che queste abbiano necessa-

riamente una determinata durata. L'orologio affretterà il passo se le oscillazioni si succedono con rapidità soverchia, ritarderà nel caso inverso. Dev'esservi quindi un mezzo di dare alle oscillazioni del bilanciere la misura di tempo conveniente.

E questo si ottiene di fatto coll'accorciare od allungare la spirale, col qual ripiego s'aumenta e diminuisce la sua forza espansiva.

Codesto apparecchio è quello che ebbe il nome di *correzione*. Vicino all'estremità fissa della spirale si pose un piccolo braccio *A* che presenta una intaccatura *B*, nella quale si fa passare la spirale e da cui comincia soltanto a svilupparsi la sua elasticità in guisa che la porzione *Bc* è come non esistesse. Questo braccio *A* chiamato *registro* può muoversi circolarmente attorno all'asta della bilancia, e si sposta facendo girar la lancetta *D* sul *mostrino* che la accompagna. Quando si fa avanzar codesta lancetta in un senso o nell'altro, si produce l'effetto medesimo come si aumentasse o diminuisse la lunghezza della spirale e per conseguenza se ne facesse variare la forza, in altri termini si fa avanzare o ritardare l'orologio. Epperciò all'apparecchio in discorso si dà comunemente il nome di *tempo*.

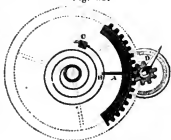



Fig. 85.

84. Gli *orologi a cilindro* differiscono dai sovra descritti in ciò che in questi secondi l'arresto è operato dalla ruota *M posta verticalmente*, mentre nei primi i denti d'una ruota *orizzontale* ingranano quelli nell'asta della bilancia che hanno una forma particolare che ha preso nome di *cilindro*.

Il vantaggio speciale degli orologi a cilindro è di poter essere tenuti più piatti e schiacciati, e quindi sono resi più comodi ad esser portati indosso.

85. — Per ciò che si riferisce alla storia degli orologi, dobbiamo far osservare come non molto remota sia la loro invenzione. Sebben la natura abbia somministrato i mezzi di distinguere le più larghe misure del tempo, come i giorni, i mesi e gli anni, non ci diede alcun segno visibile per misurar le unità minori come le ore i minuti e molto meno i secondi. I primi tentativi di misurare il tempo mediante movimenti artificialmente prodotti consistettero nel far uscire un liquido con getto continuo attraverso una piccola apertura, computando la quantità del tempo da quella del liquido

uscito. La *clessidra* o orologio ad acqua e l'orologio solare furono per lungo tempo i soli strumenti posseduti dagli antichi. In Roma si facea uso della prima nell'inverno, del secondo nell'estate. L'orologio a polvere è da collocarsi nella stessa classe.

Il primo che in Europa inventasse orologi a ruote ed a pesi fu verso l'anno 830 un *Pacifico* prete da Verona, e il suo congegno fu migliorato poi nel secolo XIV da un *Dondi*, padovano, che acquistò perciò il soprannome di Dondi *dall'orologio*. Gli orologi da tasca ebbero per primo artefice *Pietro Helle* di Norimberga nel secolo XVI, e a motivo della loro forma venivano detti *uova di Norimberga*.

La grande scoperta delle leggi del pendolo fatta da Galileo fu l'origine del vero perfezionamento degli orologi, quando Huyghens nel 1657 immaginò di applicar ad essi il pendolo e la spirale per regolarlo.

B). **Equilibrio e moto dei Corpi liquidi.**

86. — Le singole particelle d'un liquido rivelano una non solo vicendevole ma sì anche meravigliosa attrazione, sebbene debole per guisa da poter essere agevolmente distrutta.

Da ciò proviene la grande mobilità dei liquidi stessi, perchè ogni loro particella obbedisce alla forza di gravità. Tutti i fenomeni di cui tratteremo in questo luogo si appoggiano soltanto a queste specialità fondamentali delle sostanze liquide.

Un liquido si trova in equilibrio quando tutte le particelle che stanno alla sua superficie libera sono ad eguale distanza dal centro della terra. Quindi è necessario che la superficie di ogni liquido in istato di riposo, formi parte della superficie d'una sfera. Ed è questo infatti il caso, che si rivela patente sulla superficie dei mari: quelle di minore estensione sembrano perfettamente piane come specchi che fossero collocati ad angolo retto colla linea della gravità.

Se in fatti per avventura una parte del liquido viene tratta sovra un più alto livello dell'altra, si manifesta in essa un moto dipendente dal facile scivolamento delle particelle che dura finchè il tutto è rimesso nella naturale posizione d'equilibrio. Il correr dei fiumi verso il mare non è che la tendenza dell'acqua che copre la superficie terrestre a riacquistare il proprio equilibrio.

Una conseguenza di questa legge si è che nei vasi ne' quali una parte di liquido rimane più lontana dell'altra, ovvero in diversi vasi comunicanti fra loro, l'altezza dello specchio del liquido contenuto è alla identica distanza dal fondo. Ciò vediamo negli inaffiatoi, nelle caffettiere, nelle lampade ad olio, ove nella cannuccia il liquido sta sempre alla stessa altezza che nel recipiente maggiore. Quando una fontana che spinge l'acqua in alto distribuisce quel liquido sovra un piano, mediante conduttori, esso si pone allo stesso livello dell'altezza della fontana.

87. — La quantità di pressione che un liquido esercita sul fondo d'un vaso, non dipende dalla quantità di quello, ma dalla altezza della colonna liquida e dalla superficie del fondo del vaso stesso. Le più decisive sperienze hanno dimostrato che ogni qualvolta altezza e base dei singoli vasi sono uguali, come apparisce nelle fig. 86, 87, 88, 89, la pressione sul fondo loro è perfettamente la stessa, sebbene la quantità del liquido sia manifesta-

Fig. 86. Fig. 87. Fig. 88. Fig. 89.

mente diversa. Quindi si può con poco liquido esercitare una pressione assai poderosa, purchè il liquido sia contenuto in un tubo molto elevato e largo alla sua base; nel qual caso produce lo stesso effetto come se il tubo avesse anche in alto un'uguale larghezza.

Dato, p. e., che un pollice cubico d'acqua pesi 1|2 oncia, e la superficie del fondo sia di 32 pollici quadrati, l'altezza del liquido 1 pollice, questo fondo sostiene una pressione di 1×32 pollici cubici, che formano appunto 1 libbra (*funto*).

Ma se l'altezza della colonna di fluido è 100 pollici, la pressione eguaglia 100×32 pollici cubici d'acqua, vale a dire 100 libbre (*funti*, corrispondenti a 50 chilogr.). Nei vasi che contengono liquidi, anche le pareti soffrono una pressione, la quale, a porzioni uguali di pareti, diventa tanto maggiore, quanto più ci avviciniamo al fondo del vaso. Una tale pressione può essere utilmente

adoperata come forza motrice, come lo è stata nella ruota di *Segner*, e nella così detta *turbina*, o ruota a trottola.

88. — *Quando una parte della superficie d'un liquido è soggetta ad una data pressione, la detta pressione si trasmette egualmente in tutte le direzioni.*

Se io pratico superiormente e da uno de' lati in un vaso chiuso da ogni parte un foro ampio, supponiamo, un pollice in quadratura (mill. 28 □) e chiudo questa apertura con un turacciolo, e di poi riempio completamente il vaso con acqua, comprimendo il liquido nell'orifizio superiore con una forza uguale a 100 libbre ossia circa 50 kil., ciascuna parte delle pareti grande come 28 mill. □ sostiene ora una pressione di 100 libbre. Se la superficie del vaso è di 60 poll., □ = 1 m. 60 cent. □, ne risulta che la pressione totale sulle pareti sarà di 60 × 100 libbre, ossia di 6000 libbre circa. Il turacciolo posto dentro al preindicato foro e rappresentante una corrispondente porzione di parete nel vaso, soffrirà dunque una pressione uguale a chil. 50 circa; e se non la può sostenere, sarà spinto fuori. Se il foro fosse di doppia luce, e chiuso da una lamina, bisognerebbe che questa venisse rafforzata di fuori da una resistenza doppia di quella di sopra accennata, per poter opporsi alla pressione che le vien dal di dentro. Da ciò si spiega perchè i vasi che devono contenere un liquido hanno mestieri d'una corrispondente spessezza nelle pareti. Infatti quando si riempie d'acqua una bottiglia fino all'orifizio compiutamente, e

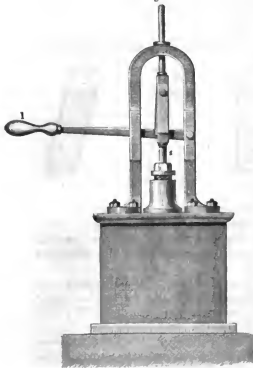
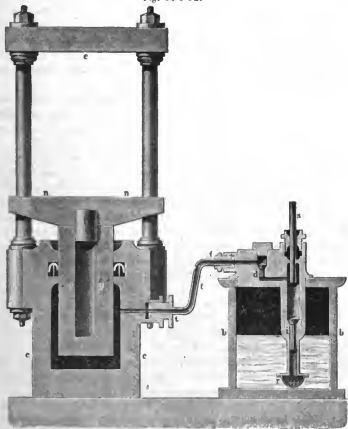



Fig. 90.

vi si mette un turacciolo, se si vuole affondarvelo con un leggiero urto, la bottiglia scoppia ed è perciò che conviene avere l'avvertenza nel riempiere le bottiglie di vino, a cui si vuole applicare un tappo ben compresso, di lasciare almeno uno strato di un pollice d'aria sopra il livello del vino, perchè la compressibilità di quella guarentisca dal pericolo della rottura.

89. — Il torchio idraulico, che è una applicazione dell'anzidetta legge, consiste essenzialmente in un tromba aspirante-pre-

Fig. 91 e 92.

mente *s* (fig. 90) ed in un torchio di ferro. Gli spaccati dei due apparecchi sono disegnati nelle fig. 91-92.

Levando col braccio *l* (fig. 90) lo stantuffo *s*, l'acqua del serbatoio *bb* passa attraverso il vaglio *r*, ed apre la valvola *i*. Calando di nuovo lo stantuffo, l'acqua impedita dalla stessa valvola che ricade, viene compressa e costretta ad aprir l'altra valvola *d*, per cui si fa strada per il tubo *tt* nel cilindro del torchio *cc*. Ivi esercita tale pressione che lo costringe ad alzarsi levando il piano *nn* che scaccia e comprime quanto l'interpone tra esso e la sbarra *e*.

L'utilità di questo stromento è di esercitar fortissima pressione ad una piccola distanza. Quante volte la superficie inferiore dello stantuffo *pp* è maggiore di quella dello stantuffo *s* d'altrettanto è maggiore la forza di compressione esercitata dal torchio. Se p. e. la superficie di *s* sia un pollice quadrato, quello di *pp* 100 pollici quadrati, si otterrà con una forza di 300 chilogrammi un effetto di 30,000.

Il piccolo spazio occupato, e la facilità del maneggio fecero dare al torchio idraulico preferenza in molti casi al altre macchine congeneri; ottenendosi con esso effetti maravigliosi di compressione che non si avrebbero colla leva ordinaria e colla vite.

90. — Se un vaso vuoto, p. e. un bicchiere, si vuole immergerlo per pressione col suo fondo in acqua, si sente una notevole resistenza, e ci vuole una certa forza per affondarvelo dentro. Cessando di premerlo, si sente immediatamente una controforza che lo rimbalza. Ciò dimostra ad evidenza che quel fondo incontra una potenza diretta dal dissotto in su, uguale al peso d'una colonna d'acqua di diametro corrispondente a quello del corpo, e la cui altezza va dal fondo dell'acqua al suo specchio. Dato che la superficie del fondo d'un secchio abbia un piede quadrato e sia compresso per un piede sotto il pelo dell'acqua, la reazione che prova corrisponde al peso di un piede cubico d'acqua, ossia a 30 1|2 chil. Versate ora questa quantità d'acqua nel secchio, la reazione resta vinta, si formerà un equilibrio, che non lascierà più render sensibile il peso, sebbene tuttora esista nel fatto. Quindi tutt'i corpi immersi nell'acqua provano una certa resistenza, che si rivela nei suoi effetti secondo il peso specifico loro, ed in modo diverso, come andremo esponendo in progresso.

Nella fig. 93 vedete un cilindro immerso nell'acqua, e tutto sottoposto alla pressione della medesima. Ogni pressione esercitata sovra di lui lateralmente è controbilanciata da quella del lato opposto. Anche alla sua faccia inferiore si incontrano due forze affatto opposte: in basso agisce il peso del cilindro unitamente al

peso della colonna d'acqua h che gli sta sopra. Contro questa si trova operante in basso cioè alla faccia inferiore, la forza reagente, uguale come si è detto al peso d'una colonna d'acqua uguale ad h' cioè al diametro del cilindro, ed all'altezza dell'intervallo dal fondo dell'acqua al suo livello. Se per questa sperienza abbiamo scelto un corpo che abbia il peso specifico dell'acqua, la somma dei pesi del cilindro e della colonna d'acqua h (cioè della forza che spinge in basso) dev'essere uguale al peso della colonna d'acqua h' che rappresenta la reazione. Ambedue le forze operanti sul cilindro si tengono in equilibrio, e quindi non lo faranno ascendere nè discendere. Si dimostra che il peso di questo corpo è affatto neutralizzato dalla reazione, quando noi sospendiamo ad un braccio della bilancia il corpo mediante un filo, perchè allora non perde l'equilibrio nello stesso modo che farebbe una pietra giacente sopra una tavola, se fosse legata col filo al braccio d'una bilancia.

Fig. 93.

Ma come si comporterà un corpo immerso nell'acqua se avesse un peso specifico maggiore o minore, sebbene fosse uguale in volume al cilindro?

In ogni caso la pressione esercitata dal liquido rimane pur sempre: se il corpo è più leggiero, questo non può conservare l'equilibrio, e quindi monta e rimane a galla; se più pesante, una parte del liquido può sostenerne parte del peso, ma non la totalità del medesimo, e quindi il corpo precipita al fondo.

91. — Dagli accennati fatti emerge la verità di quel principio, che chiamasi la legge d'Archimede, dal nome del suo scopritore, e che si enuncia come segue: Che *del peso d'un corpo qualunque immerso in un liquido, questo sostiene tanta parte quanta corrisponde al peso di quella quantità del liquido stesso, di cui il corpo occupa il posto.*

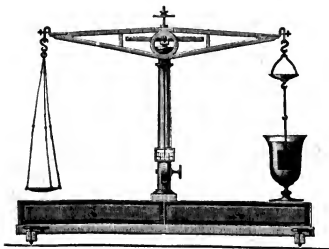
Alcuni esempi molto comuni servir possono a mostrarci la verità di cosiffatto principio. Sollevare e muovere in ogni senso un secchio pieno d'acqua, ci riesce facile intanto che esso trovasi tutto tuffato nell'acqua stessa, perchè questa porta intieramente il peso di quello. Se invece si estrae donde era immerso si avrà mestieri d'un'aggiunta di forza, corrispondente a tutto il peso del

carico. Si può per la stessa ragione sollevare e muovere con la minima forza un uomo che si trovi sott'acqua, e non fa quindi maraviglia se un can barbone tira a galla un uomo caduto nell'acqua e nuota insieme con lui, senza grande sforzo fino alla riva.

Pei corpi natanti i quali stanno immersi soltanto in parte nei liquidi vale la medesima legge, giacchè: « Il peso d'un galleggiante è uguale al peso del liquido occupato dalla parte immersa del corpo ».

Non è quindi necessario che la materia di cui è composto un corpo, sia per sè più leggiera del liquido su cui deve galleggiare, ma basta che il corpo sia così foggiato da spostare una tanta quantità di liquido, che rappresenti un peso maggiore del suo. Tale è il caso dei bastimenti.

92. — Di codesto principio d'Archimede si giovarono i fisici per iscoprir alcuni modi ingegnosi coi quali giunsero a determinare il peso specifico di corpi solidi e liquidi. — Ecco un esempio — Tre centimetri cubici d'acqua pesano 3 grammi. Un corpo, quale sarebbe, supponiamo, un pezzo di piombo, che nell'aria ha il peso

Fig 94.

di grammi 33, se venga pesato poscia nell'acqua, come nella fig. 94 è delineato, si troverà che perde in essa sei grammi del suo peso, ossia che l'acqua ne sopporta sei grammi. È chiaro in questo caso, che 33 grammi di piombo occupano lo stesso posto di sei

grammi d'acqua (cioè sei centimetri cubici), o in altri termini, che 11 grammi di piombo occupano lo spazio d'un grammo di acqua e che perciò quello è undici volte più denso di questa. Con ciò s'intenderà facilmente che cosa vogliasi significare quando si dice che il peso specifico dell'oro è 19, quel dell'argento 10 1|2 quel del fosforo 1 4|5 ecc.

Fig. 95.

Un altro apparecchio semplicissimo per esplorare il peso specifico è l'*Areometro* inventato da *Nicholson* (fig. 95), il quale consiste in un cilindro cavo di ottone *B* che è fornito superiormente d'una piccola scodellina o coppa, sostenuta da una verga d'ottone cilindrica, diritta e sottile *A*, e destinata a portare i pesi, e inferiormente terminato con una bacinella bucherellata *C*. Lo strumento è fatto in guisa che il cilindro *B* resta in parte fuori dell'acqua quando in essa si immerge. Sulla verga della scodellina sta segnato un punto *O*, come indice d'un livello mediante una riga fatta colla lima.

Coll'aiuto di siffatto stromento, il quale non dà però risultamenti così esatti quali sono ottenuti colla bilancia comune, ecco in qual modo si procede nelle ricerche.

Per trovare il peso specifico d'un solido più pesante dell'acqua e che non è in essa solubile, si esamina anzitutto quanti pesi debbano esser posti sulla piccola coppa, perchè lo stromento si affondi fino al segno *O*; supponiamo che sieno necessarii dieci grammi. Dopo ciò si sostituisce il corpo a quei pesi, e supponendo che debbansi aggiungere 4 altri grammi affinchè l'istromento si affondi una seconda volta sino a *O*, è segno che il peso di quel corpo nell'aria è 10 — 4 ossia 6 grammi. Allora si pone il corpo nella bacinella *C*, lasciando i 4 grammi di peso nella coppa superiore se l'istromento si innalza alquanto, vuol dire che il corpo nell'acqua ha alquanto perduto del suo peso assoluto. Si pongono allora tanti nuovi pesi nella coppa quanti bastano affinchè lo stromento si affondi fino al segno, e quei pesi, supponiamo 2 grammi rappresenteranno la perdita fatta dal corpo, o in altri termini il peso di una massa d'acqua corrispondente al volume di esso, ossia il suo peso specifico.

Con metodi analoghi furono trovati i pesi specifici di alcuni corpi, alla temperatura di 0 gradi, come sarebbero i seguenti;

Platino monetato	22, 100	Ferro battuto	7, 788
Oro id.	19, 325	Stagno	7, 291
Piombo fuso	11, 352	Diamante	3, 420
Argento	10, 474	Avorio	1, 917
Bismuto	9, 822	Fosforo	1, 770
Rame martellato	8, 878	Mercurio	13, 598
Arsenico	8, 305	Legno di quercia	1, 170

93. Areometro a scala. — Se un tubetto di vetro qual è rappresentato nell'annessa fig. 96, il quale ha il suo centro di gravità alla parte inferiore ove si trova il mercurio, si immerge in un liquido verticalmente, dovrà necessariamente approfondarsi più o meno secondo che il liquido sia più o meno denso. Nella tabella inserta al § 19 è accennato che le densità relative dell'alcool, dell'acqua e dell'acido solforico stanno nella seguente proporzione; 0,79 : 1 : 1,84. Si immerga ora il cannello in acqua, e sia X il punto d'immersione: l'acqua peserà dunque quanto lo stromento. Immerso in alcool, esso deve affondarsi di più, perchè questo liquido è meno denso.

Fig. 96.

Per converso nell'acido solforico affonderà meno, stante la densità di questo liquido che è quasi doppia di quella dell'acqua.

Adoperando questo cannello per esplorare il peso specifico conosciuto di certi liquidi, e segnando il livello d'immersione relativo, si ottiene una scala graduata che rende lo stromento stesso del più facile e comodo uso per determinare la densità di qualsivoglia altro liquido. Vuolsi tuttavia avvertire che nelle scale degli areometri non si hanno spesse volte i pesi specifici, ma soltanto le proporzioni per °/₀ (ossia il grado) della data sostanza.

94. — Lo studio delle leggi del moto dei liquidi che costituisce quella parte di fisica che chiamasi *idrodinamica*, implica tali quistioni che non potrebbero esser convenientemente trattate senza la cognizione della matematica più elevata. Basterà qui pertanto accennare alcuni fondamentali principii.

Un liquido, cadendo liberamente, obbedisce alla legge generale di gravità, quindi il suo movimento si rende uniformemente accelerato, come quello degli altri corpi.

Torricelli ha dimostrato che quando un liquido scaturisce da un orifizio che si trovi sul fondo, o sovra un lato d'un vaso, e ciò con costante altezza di pressione, la velocità del suo getto è uguale a quella d'un corpo che cadesse libero dall'altezza dello specchio dell'acqua fino al foro d'uscita. Questa velocità dipende adunque unicamente dalla posizione più o men bassa del foro, e non dalla natura del liquido, perchè a circostanze uguali sono egualmente veloci l'acqua e il mercurio, ed una tale velocità è in proporzione del quadrato della radice della pressione. Se l'altezza della pressione sia p. e. di 100, la velocità corrisponderà a 10, se di 16 a 4.

La quantità del liquido che scaturisce non solo è dipendente dalla pressione, ma sì anche dalla forma e grandezza dell'orifizio; e come speciale fenomeno deve osservarsi che il getto di un liquido uscente da un'apertura praticata in una sottile parete soffre un restringimento, sensibile ad una certa distanza dall'apertura stessa onde in fatto la quantità d'acqua che esce viene a diminuire. A ciò si dà il nome di *contrazione della vena liquida*. Se si applica un tubo conico o cilindrico avviene il contrario; la quantità dello sgorgo s'accresce; segue nel suo movimento le stesse leggi d'un corpo slanciato in direzione orizzontale, vale a dire nell'atto che la pressione laterale spinge il liquido in senso orizzontale, la gravità lo attrae verticalmente in basso, donde risulta che la via da esso percorsa è una curva che corrisponde ad una parabola.

L'acqua che viene condotta per tubi soffre per causa dell'attrito contro le pareti dei medesimi, specialmente nelle loro svolte, una notevole diminuzione di velocità. Però anche quella che scorre libera in canali ed alvei di fiumi è soggetta a questi ritardi. L'osservazione ci mostra che dessa accelera il suo movimento nei siti, ne'quali il canale è inclinato o dove si ristringe, e per contrario lo diminuisce quanto più scorre in piano o il suo letto si allarga. Quindi maggior la furia d'un fiume in alto che in basso, sotto le arcate dei ponti, e dove le sponde si ristringono. Nei siti invece in cui la profondità diminuisce, le acque corron più lente, e vediamo accumularvisi i depositi delle materie travolte. La massima rapidità poi del fiume è nel *filone*, ossia nel mezzo della corrente.

Negli usi della vita civile, e sovratutto dell'agronomia, l'unità di confronto che serve alla misura delle acque correnti è il così detto *pollice d'acqua*, ossia quella quantità che sgorga da un orifizio circolare d'un pollice di diametro colla pressione d'uno strato d'acqua di 7 linee sopra il centro dell'orifizio medesimo.

C) Equilibrio e moto dei corpi aeriformi.

95. — Abbiamo già nei §§ 22 e 23 indicato le proprietà che distinguono i corpi aeriformi, ossiano i gas, dai solidi e dai liquidi. Esaminando più dappresso siffatti corpi, noi troviamo nell'aria onde siamo circondati il più facile mezzo da farne uno studio compiuto, attesochè l'aria, in quanto spetta a proprietà generali, possiede tutte quelle che si riscontrano in tutti gli altri gas.

Le molecole dell'aria sono tenute tra loro in una certa distanza dal calorico per modo che sembra ne impedisca intieramente la scambievole attrazione. Quindi esse non hanno coerenza, e possiamo rappresentarcele coesistenti in un dato ambiente nello stato indicato dalla figura 98.

Fig. 97. Fig. 98.

Nei quattro scompartimenti segnati *a*, le molecole anzichè tendere ad avvicinarsi fino a contatto, secondo la direzione delle freccie nella figura 97, spiegano tendenza contraria, e fanno sforzo di allontanarsi le une dalle altre, come nella fig. 98.

Si definiscono perciò i gas quali corpi, le cui molecole possedono la tendenza a dilungarsi le une dalle altre, e a disgregarsi dipendentemente da una forza operante fra loro che appellasi *ripulsione*.

96. — Da questa forza deriva quella potenza espansiva che è loro propria e che viene denominata *espansibilità*, *elasticità*, *tensione*, la quale costituisce la più essenziale particolarità della loro storia e dalla quale si deducono le più importanti loro manifestazioni. Noi per chiarire questo argomento ci serviamo gene-

Fig. 99.

ralmente d'un apparato semplicissimo, che è anche un giocherello pei fanciulli. Nella canna $p\,p'$, fig. 99, facciamo entrare uno stan-

tuffo S bene adatto, e tanto in dentro che non ne resti vuoto se non lo spazio A, che viene chiuso coll'embolo K. Questo spazio contiene una certa quantità di molecole d'aria, mettiamo siano 16 che si urtano fra loro, si allontanano, e quindi esercitano una pressione sulle pareti corrispondente al loro numero. L'interna superficie dello spazio A sopporta adunque una pressione come 16.

Ritirando lo stantuffo fino al nº 2 si ottiene uno spazio doppio dello spazio A; le molecole d'aria che si urtavano dovranno occupare il vacuo intero e distribuirvisi equabilmente. Immaginiamoci in 1 tirata una parete che chiuda lo spazio A, e comprenderemo di leggieri che ivi non si conterrà più che la metà dell'aria che prima racchiudeva, e quindi che dessa sarà come 8. Ritirando progressivamente l'embolo fino al nº 4 si avrà adunque un vacuo più grande del doppio: l'aria si sarà tanto rarefatta da esercitare una pressione soltanto come 4, ossia diventerà appena 1/4 della originaria.

Se all'opposto portiamo lo stantuffo più in giù nello spazio A, le molecole dell'aria soffriranno una compressione ravvicinandosi sempre più fra loro in ragione diretta dell'impicciolimento del vacuo. Avviene in tal caso ciò che avviene, qualora, a cagion di esempio, quattro uomini premano contro una parete a distanze eguali, e questa resista alla pressione; se io li farò procedere uniti in guisa che tutti quattro esercitino la loro forza contro una quarta parte della parete, questa dovrà sostenere una pressione quattro volte maggiore, e potrebbe più facilmente essere sfondata.

Infatti già da gran tempo fu sperimentato che l'embolo K non può oltre certo punto resistere alla pressione, e che coll'intro duzione ulteriore dello stantuffo è spinto fuori con iscoppio.

97. — Nel precedente esempio di una massa d'aria, identica in diverso stato di espansione o di tensione, vedemmo chiaramente colla espansione crescente della stessa quantità d'aria scemare la forza di tensione, intantochè essa aumenta di tensione quand'è compressa in più piccolo spazio.

La legge così detta di Mariotte, dal nome del suo dimostratore, è così formolata: « La tensione d'un gas si comporta in senso « inverso allo spazio che occupa ».

Per uno stesso volume d'aria perciò:

in uno spazio di	1	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	....	$^1/_{100}$	$^1/_n$
la tensione è uguale a	1	2	3	4	5	....	100	n.

Comprimiamo l'aria in un appropriato apparecchio in piccolo spa-

zio ed avremo la sua tensione accresciuta in guisa da esser capace de' più grandi effetti, come vediamo nel *fucile a vento*.

98. — Dipendentemente dalla tendenza delle sue molecole, disposte sempre a segregarsi, l'aria si rarefarebbe nell'immenso spazio mondiale, ove non incontrasse opposizione nella forza dell'attrazione terrestre. La terra è perciò circondata dall'aria come da un rivestimento, che si appella atmosfera, e la cui altezza si calcola di circa 10 — 12 miglia germaniche geografiche.

Una ulteriore conseguenza dell'attrazione si è che l'aria esercita sopra ogni strato sottoposto una pressione che noi possiamo misurare, o in altri termini, il peso dell'aria può essere misurato. Si prenda, a ciò dimostrare, una grande sfera cava di vetro (fig. 100), e la si pesi esattamente piena d'aria. Colla macchina pneumatica si sottragga l'aria, e la si pesi di nuovo; la differenza dei due pesi sarà l'espressione dell'aria sottratta e dinoterà il peso di quest'aria. Con questo mezzo si venne in chiaro che la densità dell'aria è 770 volte minore di quella dell'acqua. Posto il caso che in quella sfera fosse contenuto un grammo d'aria, riempita d'acqua essa conterrebbe 770 grammi d'acqua; quindi 770 centimetri cubici d'aria pesano quanto 1 grammo cubico d'acqua.

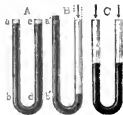
Fig. 100.

99. — Oltre l'aria, la nostra atmosfera contiene altri gas che non possiedono tuttavia la densità stessa di quella. L'idrogeno, p. e., è 14 volte meno denso, il gas luce la metà, il gas cloro è 2 volte 1|2 più denso, il gas carbonico 1 1|2.

L'applicazione dei gas meno densi agli aerostati sarà spiegata più sotto.

100. — Ma anche in altro modo può essere provata e definita con una bilancia la pressione che l'aria può esercitare. Nel tubo di vetro curvo A (fig. 101) si trova del mercurio. Secondo che abbiam detto al § 86, il livello nelle due braccia è ad uguale altezza, cosicchè la colonna di mercurio *a b* si tiene in equilibrio colla colonna *c d*.

Fig. 101.

L'apertura *a* venga ora chiusa diligentemente con un turacciolo, e sia versata fuori del tubo la metà del mercurio: con nostra

sorpresa il mercurio non si terrà più in equilibrio nelle due braccia del tubo, ma resterà in un braccio all'altezza segnata nella fig. 101 *B*. Che cosa rattiene adunque questa colonna di mercurio $a'b'$ dal mettersi a livello? Null'altro che la colonna d'aria che riempie l'altro braccio che abbiamo vuotato poc'anzi, e che si trova in continuazione con l'atmosfera esterna.

Leviamo il turacciolo dall'apertura a' ed il mercurio ripiglierà il suo livello ed equilibrio, come nella fig. 101 *C*, in ambidue le braccia. E perchè? perchè ora l'aria preme colla stessa forza nelle due braccia per le relative aperture, ed ha ristabilito l'equilibrio.

101. — Questo sperimento non fallirà neppure se prenderemo un tubo di considerevole lunghezza, cioè tale che ogni suo braccio abbia 36 pollici. Ripetendo le pratiche sopra descritte si troverà che nel braccio chiuso il mercurio non resta immobile, ma come nella fig. 102 cade in basso ad un punto *c*. Misurata l'altezza della residua colonna di mercurio da *b* a *c* essa darà la lunghezza di 28 pollici, pari a mill. 760.

Fig. 102.

102. — È chiaro pertanto da tutto ciò che l'aria non può in tutte le circostanze mantenere in equilibrio una colonna qualsiasi di mercurio.

Dato che il diametro del cannello sia d'un pollice parigino quadrato, abbiamo le seguenti forze prementi che si controbilanciano: da una parte una colonna di mercurio larga un pollice quadrato ed alta 28 pollici (cioè consistente di 28 pollici cubici); dall'altra una colonna d'aria egualmente d'un pollice quadrato in larghezza, ma dell'altezza dell'atmosfera.

Una sì fatta colonna di mercurio pesa però 7439 grammi; quindi una colonna d'aria del diametro di un pollice quadrato, e dell'altezza d'un'atmosfera, ha il medesimo peso di chilogr. 7439. Siccome poi l'aria cinge la nostra terra tutto intorno, e qualunque corpo che in essa si trova, e la sua gravità analogamente a quella dell'acqua (§ 88) opera ivi da tutti i lati, così ogni pollice quadrato (fig. 103) della superficie di un corpo esistente sulla terra sostiene una pressione di chil. 7439.

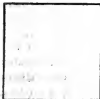



Fig. 103.

Sia p. e. la superficie d'una tavola 1 metro quadrato = 1378 pollici quadrati; questa tavola deve sostenere una pressione atmosferica di 1378×7439 = chil. 9960, 542.

La superficie del corpo d'un uomo adulto vien calcolata all'incirca 1 metro quadrato e 1|2; quindi essa sostiene l'enorme peso di quasi 15 mila chilogrammi. Se non che questo computo non dee in alcun modo spaventarci, perchè i 15 mila chilogrammi non sono applicati ad una parte del corpo, ma distribuiti uniformemente su tutta la superficie di esso, quindi ciascun pezzetto di essa sopporta la sua piccola porzione di pressione, e quelle sostenute dagli altri pezzetti non hanno, generalmente parlando, efficacia su di esso e sono indipendenti le une dalle altre.

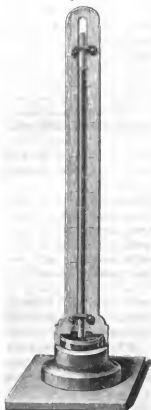



Fig. 104.
Fig. 103.

Noi perciò non ci accorgiamo di questo peso, anche in parte perchè esso opera sopra di noi, secondo tutte le direzioni, in ogni lato, e si elide; in parte perchè l'espansione dell'aria racchiusa nel nostro corpo mantiene l'equilibrio. Se potessimò togliere questa pressione da un lato dell'uomo, egli riceverebbe dal lato opposto un urto contro cui nessuno potrebbe reggere.

103. — Il più semplice stromento per misurare la pressione atmosferica è il barometro (fig. 101 e 105), che consiste in un cannello di vetro largo alcune linee, e lungo da 36-40 pollici, chiuso dall'un de'suoi capi. Riempiuto perfettamente di mercurio, e turata l'apertura con un dito, e poscia, come nella figura 104, tuffandola sotto il mercurio si riapre di nuovo. Il mercurio del cannello cade fino ad un certo livello, che risulta a 28 pollici (76 cent.) sopra il livello del mer-

curio che trovasi nel recipiente *n n*. Questa chiamasi appunto l'*altezza barometrica*. Qui evidentemente la colonna di mercurio è tenuta in equilibrio dalla pressione esercitata dall'atmosfera sovra lo specchio del mercurio.

Ora però si presenta naturalmente la domanda: che cosa trovasi al di sopra del mercurio nel tubo del barometro? Niente altro che un *vacuo*, uno spazio privo di materia, che da Torricelli, inventore della esperienza, si disse il *vuoto*.

Per costruire un buon barometro ci vogliono tubi non troppo ristretti, che abbiano 3—4 linee (7—9 mill.) di lume, vetro e mercurio puri, e costrutti per guisa che nello spazio vacuo non abbia a rimanere aria di sorta, altrimenti questa colla sua forza espansiva potrebbe neutralizzare una parte della pressione atmosferica. E per ciò, onde eliminarla del tutto, è mestieri far riscaldare il mercurio nell'atto che si riempie il tubo.

104. — L'osservazione dimostra che il mercurio nello stesso barometro non si trova sempre allo stesso livello d'altezza in ogni tempo, nè in ogni luogo, perchè la pressione atmosferica non è sempre nè dovunque la stessa.

Si chiamano questi cangiamenti di alzarsi e di discendere del mercurio *variazioni barometriche*.

Se p. e. abbiamo un barometro che segni sulle rive del mare 28 pollici, e con esso ascendiamo sopra un monte, il mercurio non resterà più alla medesima altezza, ma discenderà tanto più basso, quanto più elevato sarà il luogo ove faremo l'osservazione.

È facile indovinare la causa di questa variazione. Dalla cima del monte all'ultimo confine dell'atmosfera, la distanza è minore che non sia dalle rive del mare. La colonna d'aria che preme sovra il barometro da una certa altezza, è quindi più breve in proporzione dell'altezza medesima, e quindi minore è la sua pressione.

Il barometro è perciò uno strumento della massima utilità per la determinazione delle altezze, e siccome gli si è data una forma appropriata al trasporto, così venne dai naturalisti utilizzato anche sulle più alte cime dell'Alpi e delle Cordigliere. Ma qui non si dee però credere che basti computare semplicemente la differenza di elevazione della colonna barometrica per determinare l'altezza del luogo, nè che p. e. se essa ad un'elevazione di 100 braccia sia discesa, supponiamo d'un pollice, abbia a calar proporzionatamente di 2 o 3 pollici all'altezza di 200 o 300 braccia. Dobbiamo ricordarci che la colonna d'aria è compressibile, e che

il peso dei diversi strati di essa diminuisce di mano in mano che si ascende. Occorrono quindi altri calcoli dei quali i fisici trovarono la regola che può dirsi sicura.

105. — Oltre all'altezza d'un luogo agiscono altresì sullo stato del barometro alcune altre cause atte a determinare in esso qualche improvvisa perturbazione. I violenti temporali, i terremoti, le bufere che apportano sconvolgimento nell'atmosfera, sogliono esser generalmente prenunciati da un forte abbassamento del barometro.

Fig. 106.

Se nell'atmosfera si trova contenuta molta acqua in vapore, come suole avvenire nelle temperature calde e serene, la pressione atmosferica accresciuta dalla stessa tensione del vapore acqueo produce l'effetto che il barometro rimanga molto alto. Ma nel raffreddarsi dell'aria perdendo questi vapori la loro tensione, l'atmosfera perde altresì del suo peso, e fa discendere il barometro.

I vapori radunandosi, e scendendo in basso sono quelli che danno origine alle nubi, e poscia alla pioggia.

Ora poi che il barometro fa presentire coteste mutazioni che indicano la formazione delle nubi e la pioggia, diventa in fatto il profeta del tempo, e come tale viene comunemente adoperato, e forma uno degli arnesi che trovansi frequenti nelle case. Vedasene la forma nella fig. 106. L'altezza barometrica si determina in questa dal livello del mercurio contenuto nella vaschetta piriforme della cannella.

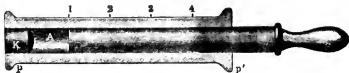
106. — L'atmosfera non è densa egualmente in tutti i suoi strati; lo è al massimo alla superficie della terra, perchè quivi gli ultimi strati sentono la pressione dei superiori.

Sui più alti monti la diminuzione di codesta pressione si manifesta assai notevolmente. Si prenda in pianura una bottiglia piena d'aria esattamente turata, e la si porti a considerevole altezza, il turacciolo sarà spinto fuori. Il cuore caccia il sangue con una certa forza nelle più sottili diramazioni vascolari della periferia del corpo, le quali sotto l'ordinaria pressione atmosferica hanno la forza di sostenerla: ma nelle altezze di 24 m. fino a 26 m. piedi

ove la pressione sulla superficie del corpo è scemata, i capillari si rompono ed il sangue n'esce, la respirazione non trova più quell'aria densa abbastanza.

107. — La tensione o facoltà espansiva dell'aria ci offre un mezzo di assottigliare l'aria chiusa in certi spazii ad un tal punto da ridurli quasi a veri spazi vuoti. Gli apparecchi adoperati a ciò si appellano *macchine pneumatiche*.

Per dimostrare il principio su cui son costrutte queste macchine ci giovi ricorrere all'apparecchio cilindrico semplice della fig. 107. Si scorge di leggieri che l'aria contenuta nel vacuo A si dilata due, tre, quattro volte, e soffre perciò una corrispondente

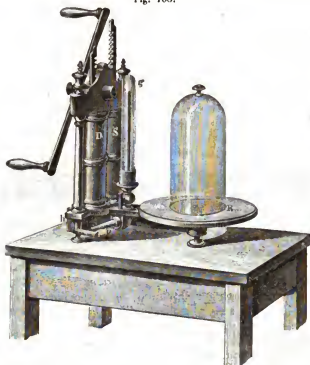
Fig. 107.

rarefazione di mano in mano che lo stantuffo si ritrae. Figuriamoci ora un recipiente che contenga aria, in comunicazione col vacuo A, e si avrà ritirando lo stantuffo una rarefazione anche nell'aria del recipiente. Si tratta solo d'impedire nell'atto che respingiamo di nuovo lo stantuffo medesimo che l'aria non abbia a rientrar in quello e ripigliar la sua densità primitiva. Ecco come questo si ottiene.

La fig. 108 ci mostra la disposizione della macchina pneumatica. Noi vediamo una campana di vetro che dicesi il *recipiente*; i suoi margini sono stati unti di sevo e collocati sopra un *piatto*, a tenuta d'aria. Questo piatto ha nel centro un'apertura che mette in comunicazione la campana coi due cilindri D e S, in ognuno dei quali alternativamente va e viene uno stantuffo, il cui movimento ha per effetto l'assottigliamento dell'aria. È necessaria a ciò la cooperazione di un robinetto traforato e munito di *valvola* che s'apre e chiude spontanea quando l'aria opera dal lato corrispondente a ciascuna; così che mentre una si apre l'altra si chiude. Ond'è che la macchina pneumatica per la sua costruttura si denomina una *tromba* a *valvole*, od a *chiave*.

Nella fig. 109 presentiamo lo spaccato d'un solo cilindro della macchina, affine di meglio osservare il suo meccanismo

La chiave g è una specie di grosso robinetto forato in due

luoghi, il quale a seconda che si volge permette o impedisce la comunicazione dell'aria tra la campana e il corpo di tromba.

Fig. 108.

Lo stantuffo è in atto di discendere e l'aria che si trova di sotto ad esso viene respinta verso il canale lateralmente scavato. Se mediante un quarto di rotazione del robinetto facciamo sì che l'apertura *h* corrisponda sotto all'estremità del cilindro, resterà chiusa la via che comunica col canale laterale, e per converso rimarrà aperta quella *l* che conduce per un apposito tubo sotto alla campana. Quindi nel successivo innalzarsi dello stantuffo l'aria potrà essere sottratta dalla campana, e sollevata nel corpo di tromba ad occupare lo spazio rimasto vuoto, attenuandosi così notevolmente. Prima che lo stantuffo ridiscenda si dà al robinetto la posizione che aveva prima e in tal modo l'aria può uscire lateralmente e va a confondersi coll'atmosfera esterna. Rinno-

vando questo maneggio, un sempre minor volume d'aria riempie il medesimo spazio, e si arriva ad un'attenuazione che s'avvicina al vuoto. Se ne valuta il grado colla prova della colonna barometrica *g* della fig. 108 che sta in comunicazione coll'indicato canale.

Fig. 109.

Secondo il diverso scopo si costruiscono macchine pneumatiche diverse, sia per grandezza, sia con uno o due corpi di tromba con robinetti o con valvule, con cilindri d'ottone o di cristallo. La macchina disegnata nella figura 108 è a doppio corpo ed a valvola. Tutte però indistintamente nella loro costruzione esigono molta accuratezza e cognizione di causa. Sono sempre macchine fisiche di grande importanza, come quelle che si prestano ad interessanti ricerche, tanto più sorprendenti quantochè ci danno indizio della presenza di materia aerea, anche dove riescirebbe con ogni altro mezzo introvabile.

108. — Dei molti e meravigliosi sperimenti che si fanno colla macchina pneumatica, uno è specialmente notevole per istorica celebrità. *Ottone de Guerrike* di Magdeburgo, inventore della macchina stessa, costruì due emisferi di rame, i cui margini combaciavano esattamente fra loro, come nella fig. 110. Questi margini spalmati di sego, furon da lui adatti l'un l'altro a tenuta d'aria estraendone colla tromba l'aria interna. Quegli emisferi che da prima si staccavan facilmente l'uno dall'altro, divennero tanto reciprocamente aderenti per la pressione atmosferica esterna, che parecchi cavalli attaccati a ciascun d'essi, non furono capaci di separarli.

Fig. 110.

Questo bell'esperimento eseguito innanzi la Dieta di Ratisbona in presenza dell'imperatore Ferdinando III e di molti principi e signori, eccitò la più grande ammirazione degli spettatori.

Col mezzo della macchina pneumatica si può inoltre dimostrare

il peso dell'aria e la pressione atmosferica tanto mediante il barometro quanto colla prova che lastre di vetro e vesciche per essa

Fig. 111.

rompono. Si mostrò eziandio che in ispazi privi d'aria i corpi si cadono più presto e tutti colla medesima velocità; che gli animali non possono vivere in quelli, che i corpi in combustione vi si estinguono, che il suono non vi si propaga, e finalmente che i liquidi si volatilizzano tanto più presto, e bollono a tanto più bassa temperatura, quanto minore è la pressione dell'aria sovra di essi.

109. — Molti fenomeni traggono la loro origine dalla pressione atmosferica e dalla produzione d'un qualche vuoto, come sono la respirazione, l'assorbimento, nonchè alcuni apparecchi importanti, nel cui novero sono la *tromba aspirante*, e le *trombe per gl'incendi.*

Allorchè mediante l'azione dei destinati muscoli si dilata la cassa toracica, l'aria contenuta in essa si rarefà e si assottiglia, e dà per ragion d'equilibrio occasione all'aria atmosferica d'entrare nel petto. Questo atto è quello che dicesi *inspirazione.* Se le pareti del petto invece si contraggono, l'aria contenuta rimane compressa e deve necessariamente uscire. Ciò è quanto ha luogo nella *espirazione.*

Immergendo nell'acqua un tubo di vetro, una canna da pipa, una festuca di paglia, se si succhia all'altra estremità, l'aria nel tubo resta rarefatta, e quindi l'acqua obbedendo alla pressione dell'atmosfera sovrincombente, ascende pel vano della cannuccia.

110. — Trasportiamo ora questo sperimento semplicissimo del succhiare colla bocca ad un apparecchio speciale artificioso, ed avremo la tromba. Cosiffatto meccanismo consiste in un recipiente pieno d'acqua (fig. 112 *A*) che più comunemente è una

cisterna, nel quale s'immerge un tubo *assorbente B*, che si può chiudere per mezzo d'una valvola *C*. Sopra di queste parti del meccanismo s'innalza un cannone *D* col suo beccuccio *E*. Nel cannone si muove, mediante il suo manubrio *F*, lo stantuffo colla valvola *H*.

Fig. 112.

Innalzando lo stantuffo si forma il vuoto al di sotto, pel quale la valvola *H* si chiude, intantochè si apre la valvola *C*, e l'acqua si innalza per il tubo assorbente fino al cannone. Abbassandosi lo stantuffo si chiude la valvola *C*, e l'acqua che si trova già sopra d'essa apre la valvola *H* colla sua spinta, entra per lo stantuffo nella parte superiore del cannone finchè incontra il beccuccio dal quale si versa al di fuori.

111. — Se non che, potremo noi con questa maniera di tromba sollevare una massa d'acqua a qualunque altezza?

Possiamo risponder che no; e in primo luogo a cagione che la pressione dell'aria non potrebbe innalzar l'acqua ad un'altezza maggiore di circa 30 piedi. Sappiamo infatti dal § 102 ch'essa può tenere in equilibrio una colonna di mercurio di 28 pollici: siccome l'acqua è 13 volte meno densa di questo metallo, s'avrà una colonna$=13\times28$ poll. per sostenere il peso d'un'atmosfera, $13\times28=364$ pollici formano appunto 30 piedi parigini.

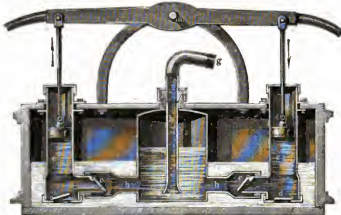
Qualora la prima valvola fosse posta a conveniente altezza sopra il livello del liquido, l'acqua per certo potrebbe salire più alto, ma non molto di più, perchè altrimenti la tromba riuscirebbe assai incomoda.

Se poi l'acqua fosse molto profonda, o si volesse portare ad eguale altezza, allora è duopo ricorrere all'uso della *tromba premente*.

112. — La *tromba da incendi* offre l'esempio d'una tromba premente a doppio effetto o a meglio dire doppia, perchè è composta di due trombe prementi associate (fig. 113).

Il suo tubo d'ascensione è flessibilissimo in guisa da poter esser diretto a talento sovra uno od altro punto dell'incendio, mentre

la tromba è in azione. Ma lo scopo della macchina non è tanto di far salir l'acqua fino all'estremità del tubo d'ascensione, quanto di

Fig. 113.

darle un getto di grande ampiezza ed animato da grande velocità e che non abbia ad interrompersi.

A questo fine sono disposte l'una accanto all'altra due trombe prementi *cc* i cui stantuffi *ff* si muovono contemporaneamente, ma in senso contrario, vale a dire l'uno monta quando l'altro discende. L'acqua s'introduce in ciascuno dei corpi di tromba per le valvole *dd*, e quando è ricacciata apre le valvole *ce* per recarsi nella vasca o serbatoio che è collocato nel mezzo, e in cui sta immerso il tubo d'ascensione *h*.

Il modo trovato per comunicare all'acqua che ascende entro a quel tubo una notevole velocità, e per poterla regolare, consiste nell'applicazione fatta alla macchina d'una così detta *cassa d'aria* *a* collocata sopra il recipiente, nel quale recasi l'acqua che viene dal corpo di tromba. L'aria contenuta in questa cassa è d'ogni parte chiusa, si mette in equilibrio di pressione coll'acqua alla quale sta sovrapposta.

Colle due trombe *cc* si aspira l'acqua e la si fa entrare nella cassa da cui non potendo scappar l'aria, viene dall'acqua che entra sempre più compressa. Ottenuto ciò fino ad un certo punto, si apre la chiave *g* e così l'aria compressa nella cassa esce rapida a forma di getto impetuoso dall'apertura del tubo d'ascensione.

Siccome poi gli uomini addetti a quest'ufficio trombano senza interruzione, si ottiene così uno zampillo non interrotto e diretto mediante un tubo flessibile unito a vite in g dove più occorre.

Fig. 114.

Al modo stesso con che opera la cassa ad aria si comporta anche un matraccio che sia per metà ripieno d'acqua e chiuso da un turacciolo attraversato da un cannello che giunga fino al fondo del vaso. Se colla bocca si soffia fortemente l'aria pel cannello essa si condensa nel matraccio, e produce, cessato il soffio, per quello un getto abbastanza vivo. V. fig. 114.

113. — Si prenda un bicchiere pieno d'acqua, lo si cuopra di una carta, e si rovesci il bicchiere, l'acqua non si verserà sul suolo, la pressione atmosferica sottostante la impedirà di cadere. La carta è necessaria per poter rovesciare il bicchiere e per impedire che l'acqua esca dai lati, e lasci penetrare delle bolle d'aria. Se l'apertura inferiore è abbastanza piccola per non dover temere un versamento di tal genere, com'è il caso d'un *sifone*, la carta non è più necessaria.

Il sifone è un recipiente di forma tubulare alquanto più ristretto

Fig. 115. Fig. 116. Fig. 117.

verso le due estremità le quali sono aperte. Immerso entro un liquido se ne riempie del tutto, turata la sua apertura superiore col pollice, si può levar via il sifone, senza che neppur goccia di quel liquido si versi (fig. 115 e 116).

Il sifone, fig. 117, è anche una canna ricurva asb a braccia

disuguali in lunghezza. Immersa la più breve di essa in un liquido, quando sia riempiuta tutta la canna, il liquido si versa fuori dell'apertura *a* del braccio più lungo il quale si trova più in basso dell'apertura *b*, e ciò con tale continuità di getto, che si può col sifone medesimo vuotare per intero il vaso. L'azione del sifone è facile da spiegare. Da una parte la colonna di acqua *sa*; dall'altra la colonna che va da *s* fino al livello del liquido hanno la tendenza a cadere di fuori per la loro gravità. Sulle due colonne contenute nelle due braccia del sifone agisce la pressione dell'aria da ambo i lati in senso opposto; vale a dire da un lato contro l'apertura *a*, dall'altro sulla superficie del liquido contenuto nel vaso, e quindi viene impedita la formazione d'un vuoto nell'interno della canula, vuoto che necessariamente si formerebbe in *s*, qualor le due colonne d'acqua precipitassero da ambe le parti. Ma siccome la pressione atmosferica agisce sovra uno dei lati come sull'altro, ne succederebbe equilibrio perfetto qualora le colonne d'acqua fossero egualmente alte nelle due braccia, se cioè l'apertura *a* fosse allo stesso livello del liquido contenuto nel vaso: essendo all'incontro *a* più in basso, la colonna d'acqua nel braccio *sa* prende la prevalenza; e intantochè l'acqua ne esce, dall'altra parte la pressione atmosferica sulla massa del liquido, ne spinge di nuovo su per la canula producendo così una continuata corrente finchè lo specchio del liquido si abbassa a livello dell'orificio *a* oppure l'altro orificio *b* rimane libero.

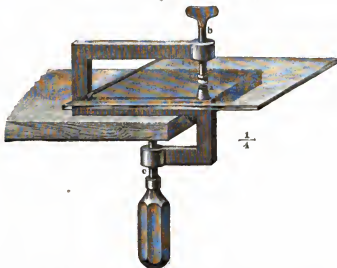
Per adoperare questo stromento bisogna prima *caricarlo*, cioè riempirlo di liquido, il che si fa capovolgendolo, e versandovi direttamente il liquido, indi chiudendo momentaneamente le sue aperture; oppure si immerge il braccio più corto nel liquido, e si succhia dall'altro braccio per produrre il vuoto, e far che la pressione dell'aria spinga il liquido.

Quando questo fosse di tal natura da non poter esser succhiato senza pericolo, si adopera un sifone sul quale è saldato un secondo tubo parallelo al braccio più lungo, e si aspira per questo.

IV.

Del suono.

114. — Insegna la giornaliera esperienza che tutte le sensazioni che si ottengono per mezzo dell'organo dell'udito, e che noi abbiamo distinte coi nomi di *suono*, *tono*, *clangore*, *scoppio*, *strepito*, hanno luogo perchè una causa qualsiasi mette in movimento oscillatorio speciale le molecole d'un corpo, producendo ciò che denominiamo una *vibrazione*. Anche coll'occhio può esser avvertito il vibrare che fa una corda tesa nell'atto di dare un suono: se noi picchiamo una grossa campana e vi appoggiamo sugli orli leggermente la punta di un dito, anche col tatto sentiremo assai distintamente che il tintinnio viene accompagnato da un tremito

Fig. 118.

interno della campana, sebbene essa al di fuori trovisi in istato di riposo. Più sorprendente ancora riesce il seguente esperimento. Collocata una lastra di vetro fra le branche d'una morsa e serratala acconciamente dopo avere sparso sovr'essa uno strato di

sabbia fina, allorquando si faccia strisciar sui suoi margini un archetto da violino, si ottiene un suono distinto, e nel tempo stesso si osserva che le particelle di sabbia si mettono a saltellare alto e basso, fino all'altezza di tre centimetri. Questo curioso fenomeno non è il prodotto d'una oscillazione esterna della lastra, ma sì evidentemente d'un intimo movimento delle sue molecole. E questo dobbiam ritenere come la vera causa del suono (fig. 118).

115. — Passiamo ora ad un altro sperimento: nella figura 119 è disegnata una sveglia in cui il martelletto è congegnato in modo da poter battere sulla campana per 5 fino a 10 minuti. Essa è collocata sovra una macchina pneumatica (fig. 108) e messa in moto. Il vivace tintinnio della sveglia stessa va ammorzandosi tosto che si copre colla campana della detta macchina, e finisce col rendersi del tutto inavvertibile, di mano in mano che mediante colpi di stantuffo si sottrae l'aria dal recipiente, sebbene si osservi continuare il moto del martelletto; e per lo contrario il suono torna a farsi sentire tosto che si faccia rientrar l'aria, ripigliando di mano in mano la forza e sonorità primitiva.

Fig. 119.

Questa esperienza c'insegna adunque che l'aria ha una grande parte nella trasmissione del suono, e che essa è il mezzo per cui si trasporta alle nostre orecchie, mentre nel vuoto non vi è trasmissione di sorta. Inoltre da ciò noi siam fatti chiari che l'aria dai corpi sonori viene messa in movimenti oscillatorii, che si propagano con alternativi condensamenti, e rarefazioni finchè si porta a guisa d'ondulazioni all'orecchio. Lo scoppio violento offre una prova evidente di questi scuotimenti dell'aria, che bastano per se soli per iscuotere, e perfino rompere le lastre delle finestre, e talvolta a portar urti molestissimi e funesti nella membrana del timpano delle orecchie.

Per la qual cosa nell'esame dei fenomeni del suono dobbiamo prender principio dalla dimostrazione delle oscillazioni e dei moti ondulatorii.

116. Moto vibratorio. — Allorchè abbiamo discorso del moto del pendolo, abbiam fatto anche cenno delle oscillazioni; ma nel caso allora da noi considerato le molecole del pendolo oscillante non soffrono mutazione di sorta. Invece se stringiamo fra

le due branche d'una morsa per una delle sue estremità un'asticciuola di acciaio (fig. 120), e dopo averla piegata dalla sua posizione di riposo verso l la abbandoniamo a se stessa, vedremo apparire delle vibrazioni d'una specie tutta diversa da quella del pendolo. Lo stesso avverrà se noi scuotiamo con un leggero strappo una corda tesa per le due estremità *ab* f. 121. In ambidue questi casi le molecole del corpo che vibra sono messe contemporaneamente in movimento, attraversano simultanee la linea d'equilibrio, raggiungono del pari i confini delle loro vibrazioni e vi fanno del pari ritorno. Una tal maniera di oscillare si appella *vibrazione stabile*.

Fig. 120.

Ma se il movimento delle molecole è tale che le vibrazioni passino da una molecola all'altra, per guisa che ognuna effettui una oscillazione simile alla precedente, colla sola differenza d'un maggior ritardo nel mettersi in movimento, allora avremo le così

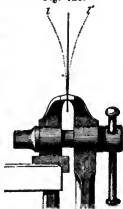



Fig. 121.

dette *oscillazioni progredienti*, dalle quali sono poi generate le *onde*. Oscillazioni di questa specie sono quelle che si producono quando si dà un colpo sovra una corda fortemente tesa e robusta o quando si gitti un sasso nell'acqua tranquilla, e siccome queste ultime sono le più anticamente notate ed ebbero il nome di onde, così una tal denominazione fu estesa anche alle oscillazioni dell'aria, che furono perciò chiamate *onde sonore*.

117. Ondulazioni. — Le onde sonore che si trasportano mediante l'aria non si possono vedere coll'occhio, stante la estrema trasparenza di quel fluido che non lascia mai scorgere nè i suoi condensamenti, nè le sue rarefazioni. Tutto ciò che sappiamo intorno al meccanismo dei moti ondulatorii, non deriva dalla osservazione diretta, ma è una legittima deduzione dalla premessa analogia con ciò che accade nell'acqua, e l'attento studio dei fenomeni che ne ha poi avvalorato il concetto.

D'altronde le ondulazioni dell'acqua ci prestano un mezzo dimostrativo per farci ben capire le onde sonore. Ognuno sa che le onde dell'acqua si diffondono dal punto in cui sono prodotte in cerchi sempre più eccentrici sulla superficie di essa, di mano in mano che parti più lontane sono poste in movimento. Queste onde sono costituite da rialzi ed avvallamenti alternativi, e formano ciò che si chiama *sistema di onde*.

Chi contempla il mare od un lago agitato crede che le onde si muovano nella direzione del vento, e si avanzino, e corrano a rompersi contro la riva. Eppure questa è un'illusione; l'onda che batte la spiaggia non è quella che pareva mover di lontano, e l'acqua non ha fatto che alzarsi ed abbassarsi, cominciando dal punto più lontano, poi da un punto meno lontano, e così di seguito fino alla riva.

Chi voglia accertarsi di ciò, lasci cadere un sasso nell'acqua d'una vasca; vedrà nascer quelle onde circolari, che allargandosi dal centro di produzione fino alla periferia della vasca, par che vadano a batter contro di essa. Se in quell'acqua galleggi una foglia, un minuzzol di legno, od altro corpo leggiero scorgeremo benissimo che questi si alzano ed abbassano ma senza accostarsi al margine, e rimanendo al loro posto.

La vera natura del moto ondulatorio consiste in ciò, che ognuna di quelle particelle d'acqua fa un moto circolare, e ritorna tosto al suo sito nel mentre che le vicine seconde, terze e così di seguito fanno altrettanto, e così danno luogo ad un alzarsi e discendere del mobile elemento che prende l'aspetto di moto ondulatorio. Possiamo, per rappresentarsi al pensiero questo fenomeno del progredire delle onde intantochè le particelle dell'acqua restano al loro posto, ricorrere ad un esempio così spesso adoperato dai poeti, quello cioè d'un campo di biada agitato dal vento. Quivi l'analogia colle ondulazioni dell'acqua è per certo molto evidente, perchè mentre il vento prosterna le spiche della prima fila, queste per la propria elasticità si rialzano nell'istante che le vicine s'abbassano, e così di seguito. Attaccate una lunga fune ad un chiodo, e tenendola tesa per l'altra estremità, datele una forte scossa, abbassandola e sollevandola rapidamente; la vedrete incurvarsi, a guisa di serpe, vicino alla mano, e descrivere un onda che sembra correr velocemente sino al chiodo. Eppure è ben certo che niuna parte della corda si è mossa verso il chiodo. Lo stesso si osserva nei panni de' lavandai, nelle tende, quando spira il vento; le onde che vi si formano paiono percorrer tutta la lun-

ghezza della tela, eppure non un filo si avanza nel senso della lunghezza.

118. Interferenza. — Fenomeni speciali hanno luogo poi se due sistemi di onde sieno generati, a cagion d'esempio, da due ciottoli che cadano in acqua a qualche distanza l'uno dall'altro. Quando due sistemi di onde procedono nell'istessa direzione, possono trasmettersi le ondulazioni, le une attraverso le altre, senza che venga a modificarsi nè la loro lunghezza, nè la loro velocità. Se poi si urtano scambievolmente le ondulazioni che s'incontrano, può derivarne l'equilibrio ed appianamento, perdendosi il rialzo di una nell'avallamento dell'altra. Se i due sistemi erano uguali nei punti in cui avviene l'incontro, non ha luogo nè un rilievo, nè una depressione, e le due onde si agguagliano con cessazione totale del moto ondulatorio. Un tale incontro di due punti di sistemi ondulatorii, che si mettono in quiete scambievole, dà luogo a ciò che si chiama *interferenza*, e i punti anzidetti chiamansi i *nodi*, i quali costituiscono, quando sono molti e prossimi gli uni agli altri, le linee nodose non ondulanti.

Egli è poi da notare che nella interferenza di due sistemi ondulatorii, questi vanno soggetti soltanto in certe singole località alle dette modificazioni, intantochè nel totale ognuno continua la propria strada e si dilata come se l'altro non esistesse. Anzi lo stesso accade qualora tre o più sistemi convengono fra di loro, tanto che l'occhio più non distingua nè possa accompagnare ciascuno particolarmente. Con ciò si chiarisce il modo con cui possiamo distinguere e percepire molteplici toni che giungono contemporanei al nostro orecchio.

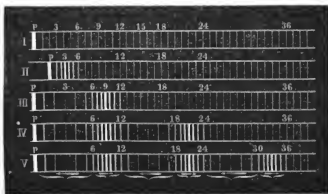
119. Riflessione e inflessione. — Se le onde nel loro progressivo alzarsi ed abbassarsi vanno a colpire contro un corpo solido, qual sarebbe una parete, la loro progressione non è soltanto impedita, ma ripercossa e riflessa con quello stesso andamento che si avrebbe se le onde reduci partissero da un punto centrale posto al di là dell'ostacolo ad una distanza uguale a quella d'onde partirono le primitive. Le onde, p. e., che si propagano da una corda mentre s'incontrano colle riflesse, possono dar luogo esse pure a dei punti nodosi, i quali dividano la corda stessa in varie onde stabili. Dato che lo specchio d'acqua da noi preso ad esempio ed a studio del moto ondulatorio, fosse diviso da un tramezzo che lasciasse qua e là interruzioni di comunicazione, si avrebbe la conseguenza: che le onde generate nel primo scompartimento si propagherebbero fino al tramezzo e ne sareb-

bero ripercosse, eccettuato quelle che passassero per le anzidette interruzioni nelle quali si avrebbe altresì questa singolarità, che in ogni margine di esse si genererebbe un nuovo, sebbene più debole sistema di onde, che si dilaterebbe all'ingiro. Questo fenomeno, che dicesi *inflessione delle onde*, dimostra in qual maniera i toni si possano da noi percepire eziandio in alcuni casi, in cui le loro onde non ci arrivino direttamente all'orecchio.

120. — I moti ondulatorii sono al massimo della loro forza all'istante e nel punto della loro origine; nei tempi successivi divengono più piccoli e men forti, quanto più da quel punto si vanno allontanando. Il suono è perciò decrescente quanto più allontaniamo l'orecchio dal luogo della sua origine, e ciò in ragione del quadrato delle distanze. — Questa legge, che si dimostra col calcolo, è una conseguenza del modo di propagazione delle onde sonore.

Le onde d'una corda vibrante si propagano soltanto in direzione del suo asse longitudinale; quelle dell'acqua per converso in circoli sempre maggiori dal suo centro nel piano orizzontale dello specchio dell'acqua stessa. Per formarsi l'idea delle oscillazioni dell'aria, bisogna che ci serviamo d'un'altra imagine.

Il luogo ove si genera un suono figuriamolo nel centro d'una infinità di strati d'aria che lo circondino come se fossero tante

Fig. 122.

sfere cave sempre più ampie. Il suono viensi allora a propagare facendo vibrare dall'interno all'esterno questi strati sferici suc-

cessivi. Le oscillazioni consistono in ciò, che i detti strati si avvicinano l'un l'altro e si allontanano di poi a vicenda, facendo nascere nelle località corrispondenti condensazioni ed attenuamenti. Codesta appunto è la maniera di propagarsi del suono dal punto della sua origine in tutte le direzioni. Un tale fenomeno non possiamo per certo rappresentarlo mediante un disegno, ma colla figura 122 ci siamo ingegnati di aiutare in qualche maniera la intelligenza di queste onde che vanno condensandosi e assottigliandosi e del loro modo di nascere e diffondersi. Essa rappresenta una piccola canna aperta alla cui imboccatura stia uno stantuffo P, il quale collocato come ai segni I, II, III, sia ripetutamente spinto dentro e fuori. Le linee dinotano gli strati d'aria che prima sono in riposo, ed a distanze uguali l'uno dall'altro come in I. Al primo spingere in dentro lo stantuffo, come in II si produce una condensazione, nel ritirarlo per converso una rarefazione per la elasticità dell'aria come in III. Inoltre al segno IV si nota il momento in cui dopo due successivi colpi di stantuffo si formano due onde, ed in V come se ne formino tre. Le freccie servono ad indicare la direzione del movimento degli strati d'aria, rivolti nei luoghi di condensamento progressivo all'infuori, e nei punti di rarefazione ripiegati verso lo stantuffo.

Le linee rette che partono dal centro a traverso i circoli delle onde dell'acqua o dal centro degli strati sferici dell'aria oscillante, sono state appellate *raggi delle onde*, e corrispondono ai *raggi sonori*, che procedono in direzione rettilinea.

Le oscillazioni presentano poi *differenze* a seconda della lunghezza ed altezza delle vibrazioni primitive, e della loro rapidità, che è quanto dire in ragione del loro numero in un determinato termine di tempo. Cotali differenze hanno grande influenza sui fenomeni prodotti dal moto delle ondulazioni.

Non ci mancano mezzi meccanici per dimostrare sperimentalmente, e chiarire questi fenomeni speciali, che tengono un posto dei più riguardevoli della fisica. Per conoscere il numero assoluto delle vibrazioni corrispondente ad un determinato suono, si adopera la *ruota dentata* di Sevart, o un'altra macchina trovata dallo stesso fisico e perfezionata da Cagniard Latour, e che dicesi *sirena* perchè può dare dei suoni anche sott'acqua.

121. Suono, calore, luce. — Per quanto diversi sieno anche ai nostri sensi i fenomeni naturali, che sogliono comprendersi nelle tre anzidette cause, hanno però certe ordinate corrispondenze comuni, che lasciano concludere ad una comune origine in tutti.

Infatti i raggi sonori si propagano colla identica regolarità di leggi da un punto centrale in tutte le direzioni, come fanno i raggi calorifici e luminosi, scemano come questi d'intensità in ragione dei quadrati delle distanze; e colle medesime leggi si riflettono e inflettono. Che il calore e la luce manifestino anch'essi la loro esistenza mediante il moto ondulatorio, è cosa generalmente ammessa, di cui cercheremo le prove in appresso. Ma intantochè nel suono possiamo ritenere per certo che i corpi solidi oscillano e trasmettono all'aria le loro oscillazioni, la luce e il calorico presentano invece la singolare proprietà di propagarsi a traverso il vuoto perfetto. Il sole slancia notoriamente i suoi raggi benefici sulla terra a traverso l'immenso vuoto mondiale, ove non si saprebbe rinvenire qual fosse il veicolo trasmettitore dei moti ondulatorii.

Ma i fisici sono oggimai persuasi che in tutto quanto lo spazio celeste esista diffusa una materia estremamente sottile che chiamarono *etere*, non visibile da' nostri occhi, perchè neppure soggetta alle leggi della gravitazione, perciò imponderabile, e incapace di opporre qualsiasi resistenza; ma che pure quando sia messa in oscillazione diventa il veicolo, il trasmissore della luce e del calorico.

122. — Per ciò che spetta in ispecialità ai fenomeni del suono, sono le corde, le campane, le membrane tese, le lamine, i corpi che danno il suono non essendo l'aria se non il veicolo dei diversi toni. Negl'istromenti da fiato e nell'organo vocale dell'uomo sono le stesse colonne d'aria vibranti, che lo somministrano.

In generale valgono le seguenti considerazioni. L'altezza o profondità d'un tono dipende dal numero delle vibrazioni che fa un corpo in un determinato lasso di tempo. Quanto il numero di queste è minore, nella durata all'incirca d'un secondo, tanto il tono riesce più grave e viceversa. Con ciò sta in rapporto la lunghezza delle diverse onde sonore: ond'è che il tono grave è trasportato sempre da un'onda sonora più lunga di quello che sia il tono acuto.

Il tono più grave che si impieghi nella musica corrisponde a 16 oscillazioni in un secondo, ed è quello d'una canna d'organo di metri 4 press'a poco, il quale dà origine ad ondulazioni nell'aria che hanno circa l'ampiezza di metri 16. Per converso negli acuti la musica si serve di toni, in cui le vibrazioni giungono fino ad 8 mila in un secondo, e le ondulazioni non hanno che poco più di 5 centimetri di ampiezza.

Prima degli sperimenti di Sevart, i fisici ammettevano che l'udito cessi di percepire il suono quando il numero delle vibrazioni semplici, in ogni secondo, è al disotto di 32 pei toni gravi e superiore a 18 mila pegli acuti. Il Sevart dimostrò che questi limiti eran troppo ristretti.

123. — Il modo di comportarsi delle corde armoniche può essere meglio che in altre guise esplorato da una corda tesa più

Fig. 123.

o meno da rialzo mobile, e tenuta più o meno tesa da un peso *h* quale si vede nella fig. 123, la quale rappresenta quello stromento che si conosce sotto il nome di *Monocordo.* Con questo stromento si può facilmente dimostrare che il numero delle oscillazioni è tanto *maggiore* quanto più *breve* e *fortemente tesa* la corda nonchè di densità e di *grossezza minore.* Essa è perciò quella che dà i suoni più acuti. Quando la lunghezza, la grossezza, e la densità crescono nell'atto che si diminuisce la tensione della corda, il suono diventa progressivamente più basso. Le corde d'un clavicembalo, o d'un'arpa ne porgono l'esempio. Nel violino e nel contrabbasso le corde più basse di tono sono intessute di filo metallico. Corde di uguale lunghezza possano anche somministrare toni ineguali mediante una disuguale tensione e non uniforme grossezza. Alcuni corpi armonici, come sono in ispecie cosiffatte corde, trasmettono le loro vibrazioni con poca facilità all'aria, e danno toni per se stessi assai deboli; ma quando vi abbiano altri corpi in comunicazione con essi, di vasta superficie, i quali siano posti in un consensuale moto vibratorio, allora il suono è più agevolmente trasmesso all'aria, e rafforzato. Un apparecchio fondato su tale principio è quello che si conosce col nome di *piano di risonanza.*

124. — Prendiamo ora a considerare un tono che abbia un certo numero di vibrazioni, e con linguaggio musicale chiamiamolo la nota *do.*

Il tono che nello stesso tempo darà un ugual numero di vibrazioni, produrrà un suono egualmente grave od acuto, e perciò si dirà all'*unisono*. Quello che nello stesso tempo darà un doppio numero di vibrazioni, si domanda l'*ottava alta;* quel che ne dà solo metà, l'*ottava bassa*.

Frammezzo a questi toni v'ha una serie di suoni, separati gli uni dagli altri da certi intervalli, che sembrano corrispondere a certe leggi della nostra sensibilità, e che si riproducono periodicamente di sette in sette. Ogni periodo dicesi *gamma*, e i sette suoni sono le sette note musicali, che possono venir rappresentate con numeri. A questo scopo si prende il *do* per *suono fondamentale*, che si esprime coll'unità, rappresentando col n° 1 la lunghezza della corda che lo produce.

Le lunghezze delle corde, che corrispondono alle altre note sono rappresentate dalle frazioni seguenti:

Note	*do*	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*do* ottava
Lunghezze relative	1	$^8/_9$	$^4/_5$	$^3/_4$	$^2/_3$	$^3/_5$	$^8/_{15}$	2

Per avere il numero relativo di vibrazioni corrispondenti ad ogni nota a tempi uguali, basta invertire le frazioni della serie precedente e si avrà quindi

Note	*do*	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*
Numeri delle vibrazioni	1	$^9/_8$	$^5/_4$	$^4/_3$	$^3/_2$	$^5/_3$	$^{15}/_8$

Queste proporzioni nel numero delle vibrazioni servono per tutti i toni e per tutte le ottave, qualunque sia lo stromento che le produca. Ma siccome il tono fondamentale può variare colla tensione e colla natura della corda, o colla lunghezza ed ampiezza del tubo, così dovrà variare anche il numero delle vibrazioni che gli corrispondono. Se al più profondo *do* di una canna d'organo lunga 4 metri corrispondono in un secondo 32 vibrazioni semplici, ossia 16 doppie, la sua più alta ottava ne darà 64, il suo terzo 40, il suo quinto 48, e così via.

Le proporzioni fra i numeri di due toni che si succedono non sono esattamente eguali, ma sono rappresentate dalle frazioni seguenti:

do	*re*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*
$^1/_8$	$^1/_8$	$^1/_{15}$	$^1/_8$	$^1/_9$	$^1/_8$	$^1/_{15}$

il che vuol dire che in *re* si hanno nel medesimo tempo 1 $^1/_8$ vi-

brazioni in confronto di *do;* in *mi* se ne hanno 1 $^1/_9$ in confronto di *re;* in *fa* 1 e $^1/_{15}$ in confronto di *mi*, e così di seguito.

L'intervallo fra *do* e *re*, fra *re* e *mi*, fra *mi* e *fa*, fra *fa* e *sol*, fra *sol* e *la*, e fra *la* e *si* chiamasi un *intiero tono*, ed importa o $^1/_8$ od $^1/_9$. All'incoutro gli intervalli fra *mi* e *fa*, fra *si* e *do*, che importano $^1/_{15}$, vale a dir quasi la metà dei precedenti, sono chiamati *semitoni*.

L'intervallo da *do* a *re* si chiama una *seconda;* da *do* a *mi* una *terza;* quello da *do* a *fa*, una *quarta;* da *do* a *sol*, una *quinta;* da *do* a *la*, una *sesta;* da *do* a *si*, una *settima;* e finalmente da *do* a *do* un'*ottava*.

Il tono fondamentale forma colla sua ottava, colla sua terza, colla sua quinta una *consonanza*, e con tutte insieme un *accordo;* colla seconda e colla settima forma una *dissonanza*.

125. — Una corda che sia sostenuta nella sua metà per mezzo d'un cavalletto, o rialzo, allorchè le si striscia sopra l'archetto in una delle anzidette metà, presenta il fenomeno del vibrare contemporaneo dell'altra metà, come può dimostrarsi con alcuni pezzetti di carta ripiegati sovr'essa (*cavallucci*) che cadono per le vibrazioni che produce.

Se invece che alla metà venga la corda sostenuta soltanto ad un terzo della sua lunghezza, e sian messi i detti pezzetti a cavalcioni sulla lunghezza degli altri due terzi, essi cadranno tutti, quello solo eccettuato che sta esattamente a metà della predetta lunghezza. Codesto punto, che non prende parte alcuna alle vibrazioni di essa, si dice *punto nodoso*. Sostenendo la corda ad un quarto della lunghezza, essa si divide in 4 parti vibranti, con due punti che non vibrano, e così via discorrendo.

Nei dischi armonici, ne' piatti, nelle campane del pari che nelle corde armoniche, non tutte le parti vengono poste in oscillazione, come si può verificare, quando presa una lastra di vetro sovra cui sia stratificata della sabbia fina, e tenendola ferma in un punto se ne sfreghi un margine coll'archetto (fig. 118). Le parti che vibrano scacciano la sabbia verso le altre in riposo, in guisa che ne vengono formate linee di differenti opposte giaciture, che si dissero *linee nodose*.

Secondo che si prendono tavolette di vetro quadrangolari o rotonde, e secondo il punto che loro si assegna a sostegno, nonchè il sito e la forza con cui si striscia coll'archetto, si ottengono diverse *figure sonore*, come è delineato nelle fig. 124, 125.

126. — Il suono si propaga in tutte le direzioni perchè una

molecola comunica le sue oscillazioni alla vicina; e questa all'altra prossima, e ciò avviene con tanta velocità, che nell'aria costituita

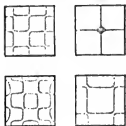
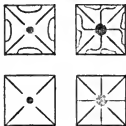



Fig. 124. Fig. 125.

nelle proporzioni ordinarie, in un secondo vien percorso lo spazio di 1050 piedi (metri 337) sebbene ciò non possa a pezza paragonarsi colla velocità della luce, della qual differenza abbiamo una prova nello scoppio d'un'arma da fuoco udito a distanza. Imperciocchè si vede il fuoco ed il fumo molto tempo prima di sentire lo scoppio, nel modo stesso che si vede il lampo assai prima di udire il tuono; ed è anzi questa distanza di tempo fra l'una e l'altra sensazione che ci dà un mezzo di misurare la distanza dei luoghi.

È poi cosa meravigliosa il diffondersi che fa il suono assai più sollecitamente per mezzo di corpi dotati di una densità maggiore dell'aria o di altri gas, come sono i liquidi e i solidi. Il romoreggiar d'un lontano cannone e il calpestio dei cavalli, ecc. si odono a molto maggiori lontananze quando si applica l'orecchio al suolo, di quello che tenendolo all'aria libera. L'acqua stessa propaga il suono a grande distanza, come mostrano i pesci che avvertivano il suono d'una campana o d'un piffero che li chiamava alla pastura. Colladon e Sturm hanno trovato, mediante sperimenti eseguiti sul lago di Ginevra che la velocità del suono nell'acqua è di metri 1435 al secondo, vale a dir quattro volte maggiore che nell'aria. Pei solidi Biot ha notato che nella ghisa questa velocità diventa 10 volte più grande, e Chladni nei legni da 10 a 16 volte.

A considerevoli altezze, ove l'aria è meno densa, tanto la voce, come lo scoppio d'un fucile non si fanno più udire alla consueta distanza. Si è già detto che un corpo nel vuoto, quantunque posto in vibrazione, non dà suono percettibile di sorta.

127. — Le onde sonore, sino a tanto che non incontrano ostacolo al loro sviluppo, si propagano come dicemmo, in sfere concentriche, ma quando lo incontrano, ritornano sovra se stesse

formando nuove onde egualmente concentriche, le quali sembrano aver il loro centro al di là dell'ostacolo, e diventano *onde riflesse*, al modo stesso delle onde circolari, che sono respinte e rotte verso la spiaggia. Questa ripercussione che conosciamo sotto il nome di *eco*, può riportare al nostro orecchio una parola di una o due sillabe alla distanza di 60 piedi (circa 20 metri); ma per le voci a più sillabe si richiede almeno di 116, 120 piedi (metri 40 circa).

Per ottenere una più lontana diffusione del suono, e specialmente della voce, servono i *tubi acustici*, che consistono in tubi di latta larghi circa 3 centimetri, de' quali si fa uso sulle navi, facendoli passar dalla gabbia d'un bastimento a piede dell'antenna; essi portano la voce di chi parla alla imboccatura d'una loro estremità, alla estremità opposta, impedita di espandersi con ondulazioni laterali. Lo stesso si pratica negli opificii e in altri stabilimenti in cui sia necessario trasmetter ordini da uno ad un altro piano, e risparmiare la corsa su e giù per le scale. Il *portavoce* è un tubo conico fatto anch'esso per tenere raccolte le onde sonore, e per dirigerle con forza ad un punto determinato. Altro stromento fondato sullo stesso principio, ma in direzione inversa, è la *tromba acustica*, destinata a raccogliere per la sua larga ed espansa apertura le ondulazioni esterne, e condurle entro l'orecchia umana.

V.

Il calorico.

128. — Molte e svariate sono le cause capaci di mettere un corpo in quelle condizioni che noi sogliamo designare coi nomi di *freddo*, di *caldo*, di *urente*, *di gelido*, nomi che nulla hanno in sè di contraddittorio, giacchè non esprimono in sostanza se non gradazioni diverse d'uno stesso fenomeno al quale volgarmente si dà il nome di *calore* e che, astrazione fatta dalla sensazione che produce sui nostri sensi, esercita influenza grandissima sulla dilatazione dei corpi.

Le sorgenti prossime del calore, come ce ne convince la quoti-

diana esperienza, sono parecchie; una di queste è lo sfregamento di due corpi fra loro, od anche la reciproca loro percussione. È noto che molti popoli selvaggi mercè la confricazione di due pezzi di legno si procacciano il fuoco, e noi vediamo come il fabbro ferraio coll'assiduo martellamento d'un chiodo possa renderlo candente. La stessa cosa avviene col ritorcere, o col forare specialmente metalli. Così pure osserviamo che ogniqualvolta i corpi passano rapidamente ad uno stato di maggior densità sogliono svolgere un notevole grado di calore. Più meraviglioso ancora è ciò che accade dietro la compressione rapida dell'aria nell'*acciarino pneumatico;* e quello che si manifesta mescolando acqua con acido solforico, nel qual caso effettuandosi un condensamento di quei due liquidi, si ottiene una considerevolissima produzione di calore.

Altri e molto importanti fenomeni calorifici hanno luogo in conseguenza di chimiche combinazioni che si effettuano del continuo in grembo alla natura: cosifatte sono, per parlar delle più comuni, le combustioni, che ci danno un pronto e facile mezzo di riscaldare i nostri corpi, e di preparare innumerevoli sostanze in modo addatto ai nostri bisogni. Nello stesso organismo umano una ricca sorgente di calore sono le mutazioni chimiche delle sostanze alimentari. L'elettricità è pure un'altra causa validissima del suo svolgimento, che in grandi misure diventa poi l'origine del lampo e del fulmine.

Oltre a ciò tutto il nostro globo può considerarsi quale un gran serbatoio di calorico, che sebbene poco avvertito al di fuori è però assai grande nell'interno, tanto da potersi ammettere con tutta probabilità, che verso il suo centro esso arrivi ad un grado elevatissimo e superiore al nostro concetto.

Da ultimo quale causa primaria del calore sensibile alla superficie della terra è certamente da riguardarsi il sole; il quale quotidianamente insieme col torrente de' suoi raggi luminosi c'invia anche i caloriferi, senza la cui benefica azione il nostro pianeta sarebbe tutt'altra cosa da quella che è attualmente.

Per quanto però diversa sia la sorgente del calore, i suoi fenomeni sono costantemente gli stessi.

129. Dilatazione prodotta dal calorico. — Abbiamo già accennato al § 23 come il diverso stato solido, liquido, aeriforme dei corpi derivi unicamente dall'influenza del calore. Nè ci mancheranno le prove per dimostrare come questo principio sia causa della espansione dei corpi. Una sfera di metallo la quale abbia

dimensioni perfettamente aggiustate col vano d'un anello, in modo da poter passare attraverso al medesimo con equabile e giusta misura, quando venga riscaldata aumenta di volume così che non può più passar per quel vano; ma ove si aspetti che nuovamente si raffreddi, essa riprende il volume di prima e passa facilmente come avanti di essere stata riscaldata.

In un vaso esattamente ripieno di liquido fino all'orlo, ove questo sia riscaldato lentamente, ha luogo l'innalzamento del medesimo sopra il livello dell'orlo, e quindi lo spandimento.

Una vescica schiacciata in modo, che contenga tuttavia una certa porzione d'aria, ma ben chiusa al suo orificio, quando venga esposta all'azione del calore, si dilata di nuovo e ripiglia la forma globosa non altrimenti che se le fosse insufflata un'altra quantità d'aria, e qualora il calore aumenti, si gonfia a seguo da scoppiare.

130. — La dilatazione dei corpi porge un mezzo molto opportuno per raffrontare così l'azione del calorico, come il suo accrescimento. Sotto il nome di *temperatura* s'intende il grado di calore onde sono forniti i corpi, e sotto quello di *termometro* viene designato lo stromento che si adopera a misurarlo; del quale il pregio principale, analogo in ciò al pendolo, ed al barometro, si è la somma semplicità della costruttura.

Fig. 126.

Per avere un termometro si prende un cannello di vetro perfettamente cilindrico, il cui lume non sia maggiore della grossezza d'uno spillo comune; ed una delle sue estremità sia terminata in un piccolo globo, il quale si riempie poscia di mercurio.

Riscaldato questo metallo, entro il detto globo, esso si dilata di guisa da riempire tutto il lume del cannello, la cui lunghezza deve essere di 6, 10 pollici (cent. 18, 28): nel momento in cui sta per traboccare il mercurio dall'apertura superiore si chiude il tubo in modo che non possa più aver accesso l'aria, e non vi rimanga perciò altro che mercurio; il quale, raffreddato, si ristringerà

nel globo e nella parte inferiore del cannello. Immergendo allora il cannello stesso nel ghiaccio che sta per fondersi, il livello del mercurio nel tubo si abbasserà ancor di più finchè si arresterà ad un certo limite che verrà segnato esattamente con una intaccatura fatta sull'esterno del cannello. Si passa dopo ciò lo stromento in un vaso d'acqua bollente, e ve lo si tiene immerso per qualche tempo, finchè cessi il mercurio di elevarsi. Allora si nota con altro segno il livello al quale il mercurio è salito.

Ogni volta che si ripeta questa doppia operazione si vedrà rinnovarsi precisamente codesto abbassarsi ed innalzarsi della colonna di mercurio a quei limiti segnati nel tubo di vetro, e si potrà con ragione conchiudere che un corpo assoggettato agli stessi sperimenti darà a quelle temperature un ugual risultato, e avrà tanto minor volume quanto esso è più freddo.

Il punto a cui il mercurio discende quando il termometro è immerso nel ghiaccio che si fonde, si segna con uno *zero*, ed è detto punto del *congelamento*, o del *ghiaccio*. Il limite a cui giunge quando l'acqua è bollente si chiama *punto di bollitura*.

Portato il termometro in altro luogo si potrà desumere dal livello che prende la colonna di mercurio, quale sia la temperatura di quell'ambiente; temperatura che si designa col nome di *alta* se si approssima al punto di bollitura, di *bassa* se è vicina a quello del congelamento.

Per determinare con esattezza siffatti gradi intermedii, si divide lo spazio interposto fra que' due punti estremi in parti uguali, che si appellano appunto *gradi*, e si distinguono sotto il nome di *gradi di caldo* col segno +, quando sono superiori al punto di congelamento. Sotto dei medesimi sono notati col segno —, e si dicono *gradi di freddo* in divisioni equivalenti.

131. — Nei termometri di più comune uso la distanza fra il punto del congelamento e quello di bollitura è ripartita in 80 gradi, come si vede nella fig. 126; divisione immaginata per primo da Réaumur di cui questo strumento porta il nome. In Francia, e nei recenti trattati scientifici più generalmente fu adottata la divisione di Celsius, mentre in Inghilterra si diede la preferenza a quella di Farenheit. Nel termometro centesimale di Celsius lo spazio fra il punto del ghiaccio e quello dell'acqua bollente è diviso in cento gradi, mentre il termometro di Farenheit parte da altri limiti di graduazione, come potrassi meglio rilevare dalla seguente tabella di confronto.

CELSIUS	RÉAUMUR	FARENHEIT
— 20	— 16	— 4
— 10	— 8	+ 14
0	0	32
+ 10	+ 8	50
20	16	68
30	24	86
40	32	104
50	40	122
60	48	140
70	56	158
80	64	176
90	72	194
100	80	212

Come si vede i 5 gradi del Centesimale equivalgono a 4 gradi di quello di Réamur. Per evitare equivoci sogliono notarsi sui termometri i dati delle temperature corrispondenti; p. e. scrivendo +15° R. vuol dire che si hanno 15 gradi di calore secondo Réaumur; ovvero 16° C. vuol dire che sono 16 gradi secondo Celsius.

Formole che giovano alla riduzione dei gradi di Réaumur in quelli di Celsius e di Farenheit, o viceversa sono le seguenti:

n = grado di calore.

$n°$ R. $= {}^5/_4$ $n°$ C. $= ({}^9/_4\ n + 32)°$ F.

$n°$ C. $= {}^4/_5$ $n°$ R. $= ({}^9/_5\ n + 32)°$ F.

n F $= {}^4/_9\ (n - 32)°$ R. $= {}^5/_9\ (n - 32)°$ C.

132. — Notiamo qui alcune temperature degne di essere particolarmente conosciute.

	RÉAUMUR	CELSIUS
Punto di congelazione dell'alcool	— 72	— 90
Idem del mercurio	— 32	— 40
Freddo polare	— 28 fino 32	— 36 fino 40
Freddo rigido invernale	— 10 » 16	— 12 » 20
Freddo invernale comune	— 5 » 10	— 6 » 12
Congelazione dell'acqua	**0**	**0**
Massima densità dell'acqua	+ 3,1	+ 4
Calore animale dei pesci } dipendente del tutto dal loro ambiente	12 a 20	15 a 25
Id. degli anfibj }	12 a 24	15 a 30
Calore delle stanze	16	20
Id. ordinario dell'estate	15 a 20	20 a 25
Id. estivo intenso	19 a 28	24 a 36
Temperatura media all'equatore	23	29
Calore animale o del sangue dell'uomo	29	37
Bollitura dell'etere	28	35
Calore animale degli uccelli	34	42
Punto di fusione della cera	54	68
Accensione del fosforo	60	75
Punto di bollitura dell'alcool	62	78
Punto di bollitura dell'acqua	**80**	**100**
Punto di fusione dello zolfo	87	109
Id. del piombo	267	334
Punto di bollitura dell'acido solforico	260	326
Id. del mercurio	288	360
Punto di fusione dell'argento	800	1000
Id. della ghisa	980	1200
Id. dell'oro	1000	1250
Id. del ferro in verga	1280	1600

133. — Siccome il mercurio si consolida a 40° C., così per determinare le più basse temperature del termometro si fa uso dell'alcool colorito in rosso. Del pari i gradi di calore che sono più prossimi o superiori alla bollitura del mercurio non si potrebbero più con termometri a mercurio esplorare; ed essendo d'altronde gli altri mezzi adoperati per le alte temperature tutti accompagnati da maggiori difficoltà, si ebbe ricorso in cosiffatte ricerche alla espansione dell'aria.

Ciò non di meno si tentò giovarsi anche della dilatazione di corpi solidi, qual è, p. e., l'acciaio, affine di costruire apparecchi termometrici, che tuttavia sono poco adoperati.

134. — La forza con cui i corpi vengono dilatati dal calorico è veramente straordinaria. I vasi più robusti non bastano a resistere quando contengano liquidi o fluidi gasosi ben chiusi, e che vengano riscaldati. Riguardo ai corpi solidi, specialmente quando si impiegano per la costruttura delle macchine, è necessario conoscer di quanto essi siano suscettivi di dilatarsi sotto le diverse temperature, e calcolare quelle variazioni con accurata precisione. Imperciocchè si dà il caso che per lo elevarsi della temperatura da 0° a 100° C., in varie proporzioni si allunghino nel senso del loro asse. Tale effetto si notò essere nel platino di $^1/_{1167}$, nel vetro $^1/_{1147}$, nell'acciaio indurito $^1/_{807}$, nel ferro $^1/_{819}$, nel rame $^1/_{584}$, nell'ottone $^1/_{531}$, nel piombo $^1/_{351}$, nello zinco $^1/_{340}$. — Inoltre una spranga di ferro che a 0° fosse lunga 819 linee, diventerebbe di 820 a 100° C.

La dilatazione dei liquidi è ben d'assai più ragguardevole, perchè dà 0° a 100° C. si dilatano: il mercurio di 1, 8, l'acqua di 4, 5; l'alcool e l'olio del 10 p. 0|0 del suo proprio volume; cosa cotesta che nel commercio vuol essere calcolata.

135. — Un fenomeno molto frequente si è lo spezzarsi dei corpi solidi in seguito ad un irregolare riscaldamento; come, p. e., accade ad un bicchiere freddo collocandolo sovra una stufa assai calda. Nè la spiegazione del fatto è difficile. Le particelle inferiori del vetro si scaldano le prime e si dilatano più delle superiori, le quali trovansi tuttora nella condizione primitiva. Ne nasce quindi nell'interno del bicchiere una dilatazione parziale che incontra ostacolo, e dà luogo alla rottura. Quanto più il vetro è sottile, o più lentamente riscaldato, come accadrebbe interponendovi un pezzo di carta, tanto meno irregolare sarà la dilatazione, e minore il conseguente pericolo di crepatura.

136. — Un altro effetto della dilatazione dei corpi per l'a-

zione del calore si è il diminuire della loro densità. Locchè si osserva in modo particolare nei liquidi e negli aeriformi. Riscaldando l'acqua in un vaso, gli ultimi strati s'innalzano, attesochè per essere riscaldati essi si rendono men densi, e i superiori che son più freddi e più densi precipitano al fondo. Da ciò si origina un movimento nell'acqua la quale si risolve in minute goccioline d'aspetto quasi polverulento, che montano e scendono, e codesto moto continua finchè tutta l'acqua abbia assunto temperatura e densità uguale ed uniforme.

Più rapidamente ancora l'aria, per lo squilibrio di calore nei suoi strati, viene messa in movimento; anzi, il vento non è che il prodotto di codesta diversità di temperatura. Nelle nostre stanze riscaldate è noto come lo strato inferiore dell'aria sia tuttavia freddo, intanto che il superiore, è già riscaldato, così che si ha sempre una dispersione d'aria calda per le aperture superiori e per le alte fessure delle porte e delle finestre, mentre dalle inferiori entra l'aria fredda. Si può persuadersene collocando un lume acceso fuori della porta socchiusa, ed osservando la direzione (fig. 127) che prende la fiamma in conseguenza della corrente d'aria. Il tirar del fuoco che fa il cammino, o quel della fiamma che fa la lampada è pure dovuto alla causa medesima, cioè alla corrente dell'aria riscaldata dal fuoco, e cacciata in alto. Della quale verità possiamo renderci ancor più capaci con esperienza facilissima. Si tagli una carta da giuoco in istriscie che avvolgansi in spira, e la si sospenda per un capo ad un filo metallico che si faccia posar su qualche sostegno sopra una stufa, L'aria che ascende arriccia quella striscia come un serpente intorno al filo metallico. Un pallone di mole mediocre, fatto di carta sottile; in cui l'aria interna venga rapidamente riscaldata, s'alza a sorprendente altezza, e può rimanervi per lungo tempo quando si ha cura di collocar un vasetto di spirito di vino acceso di sotto alla sua apertura inferiore.

Fig. 127.

137. — Allorchè si parla della densità di un corpo vuolsi sempre avere in vista il rapporto suo con una certa determinata

temperatura, sotto la quale si vuol farne la prova. Nei solidi e nei liquidi le piccole differenze di temperatura non danno divarii di densità apprezzabili, e in generale nel calcolare la densità loro si suppone una temperatura di 12° a 15° C.

Nei corpi aeriformi al contrario qualunque piccola variazione ha una importanza evidente. Dietro le più esatte osservazioni i gas si dilatano per ogni grado del centigrado di $^{1}/_{273}$; quindi 273 pollici cubici di aria a 15° centigradi diventano 274 a 16°; a 14° invece non occupano che uno spazio di 272.

Oltre al termometro ci può lo stesso barometro offerire la dimostrazione che la densità dell'aria non è sempre la medesima. Quella delle alte misure barometriche non è uguale a quella delle basse, com'è altresì comprovato che l'aria quand'è mista a vapor acqueo possiede una densità tutta diversa da quella dell'aria secca.

Queste circostanze sono perciò da tenersi in esatto conto quando vogliasi stabilire la densità di corpi aeriformi: e quando si dice p. e. (v. § 98) che 770 centimetri cubici d'aria atmosferica hanno il peso di un grammo, o in altri termini che l'aria è 770 volte meno densa dell'acqua, bisogna presupporre che questa determinazione di peso sia fatta ad una pressione barometrica di 28 pollici, e ad una temperatura di 0°. Le stesse considerazioni valgono per tutti gli altri corpi aeriformi.

Giusta le cose esposte al § 97 essendo noto che il volume dei gas si comporta in conformità della pressione sovr'essi esercitata; ed essendo conosciute del pari le proporzioni della loro espansione per ogni grado termometrico, si troverà facilmente col calcolo la densità d'un gas sotto qualunque data pressione ed a qualsivoglia temperatura. Dedurremo da ciò facilmente il perchè un pallone ripieno d'aria calda e perciò meno densa, ascenda nell'atmosfera, e spiegheremo quel fatto coll'istessa facilità con cui spieghiamo lo ascendere alla superficie dell'acqua d'un turacciolo di sovero approfondatovi dentro. Anche del fenomeno, talvolta notato, del non agghiacciarsi in luoghi elevati i tralci delle viti ed altre piante, intantochè nelle valli ciò avviene a preferenza, si può dar ragione col principio del salire l'aria calda verso le parti più alte.

Una applicazione importante della espansione dell'aria riscaldata si ha nel movimento che può esser dato alle macchine; e l'effettuazione delle così dette *macchine caloriche* la dobbiamo da pochi anni, dopo molti tentativi falliti, allo svedese Ericson.

138. Ebollizione, svaporazione. — Sottoponendo corpi di-

versi ad un'alta temperatura, o si abbruciano e perdono affatto i caratteri della loro natura, come sogliono le piante e le sostanze animali, o mutano il loro stato.

I solidi esposti ad una determinata temperatura si liquefanno, ed al § 132 abbiamo accennato il *punto di fusione* d'alcuni di essi. Aggiungeremo qui che uno stesso corpo si liquefà sempre allo stesso grado di calore, come p. e. il piombo a 334° C.

Un corpo liquefatto, o fuso, quand'è ulteriormente riscaldato arriva ad un punto in cui le sue molecole per l'influenza prevalente del calore non possono più stare unite, e quindi esso assume le proprietà dei gas; solidi e liquidi ridotti in questo stato divengono *vapori;* che se per la maggior parte questa mutazione si effettua con facilità, altri richiedono a ciò un'altissimo grado di calore, e tra questi sono parecchi metalli, come il ferro, il rame ed il platino.

I corpi che ad una temperatura proporzionatamente moderata si trasmutano in vapore, si dicono *volatili:* tutti rimangono in questo nuovo stato, finchè dura quel grado di calore che ve li ha trasformati. Raffreddandosi poi la temperatura si addensano tosto di nuovo, dapprima in forma liquida, e successivamente in massa solida.

139. — Si fondano su questa capacità dei corpi di prendere per influenza del riscaldamento la forma vaporosa, due importanti tecniche e chimiche operazioni, quali sono la *sublimazione* e la *distillazione.*

La prima consiste nella riduzione d'un corpo solido in vapore, e nella ricondensazione del medesimo in appositi recipienti. Locchè importa la sua disgregazione in particelle finissime e polverulente. Per averne un esempio con semplicissimo sperimento si prenda una canna di vetro chiusa per fusione ad uno de' suoi capi, e vi si riscaldi dentro un pezzetto di canfora. Questa sostanza si converte tosto in vapori bianchi che si condensano di nuovo in forma di fina polvere alla parte superiore più fredda della canna stessa.

La *distillazione* ha un'applicazione più frequente. Essa si intraprende ogni qualvolta ci occorra che una sostanza liquida capace di volatilizzarsi abbia a venir separata da altre sostanze che sono o poco o nulla volatili, come, p. e., sarebbe lo spirito di vino, che si volesse spogliare dall'acqua, o da altri liquidi prodotti dalla fermentazione, i quali ne alterano le qualità.

Un apparecchio distillatorio consiste generalmente di tre parti:

della *caldaia*, o *vaso distillatorio* ove si colloca il liquido per esservi riscaldato — di un *apparato refrigeratore* destinato a condensare i vapori, e di un *recipiente* per raccogliere il liquido distillato. Per le operazioni chimiche queste parti sono di vetro, vedansi nella fig. 128.

Noi qui abbiamo una *storta* contenente il liquido, sotto il ventre

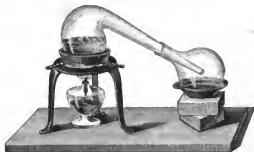
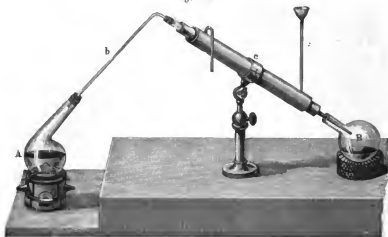
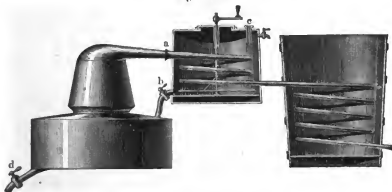
Fig. 128.

della quale è applicato il calore; i vapori si raffreddano nel *collo* di essa, e il liquido condensato si raccoglie nel *matraccio* che serve di recipiente.

Fig. 129.

Se poi i vapori sono molto volatili è necessario l'aggiunta di

altri apparecchi per impedirne la dispersione e perfettamente raffreddarli e ricondensarli.

Per le piccole quantità di liquido serve ad eccellenza quello che è delineato alla figura 129. I vapori che s'innalzano dalla storta *A* percorrono il suo lungo collo di vetro ch'entra in un più largo tubo di latta e a questo fa seguito un'altra canna di vetro lutata con uno successivo pure di latta. Lo spazio compreso fra i due tubi viene riempito d'acqua fredda che si scambia mediante un imbuto, nel tempo stesso che l'acqua riscaldata fluisce per la storta.

Per ottenere l'acquavite giova l'apparato rappresentato nella fig. 130, che consiste in una caldaia larga e bassa di rame, detta anche *vescica*, il cui coperchio le forma una specie di cappello.

Fig. 130.

La caldaia viene murata entro un apposito fornello, i vapori prodotti in essa ascendono per una canna *spirale* di rame o di zinco *a* fino al *refrigeratore*, specie di tinozzo che si suole riempire del liquido da distillare, il quale nell'atto che serve a rinfrescar i vapori dell'acquavite si riscalda esso medesimo, e mediante il robinetto *b* si riversa nella caldaia dove subisce il processo della distillazione. Dalla tinozza partono i vapori non ancora condensati per giungere nel refrigeratore mediante una lunga spira tubulare circondata d'acqua fredda, affinchè non possa alcuna parte del vapore sfuggire senza essere condensata.

Si noti però che sommamente diversi e svariati si possono costruire gli apparecchi destinati alla distillazione, ma che tutti, qualunque sia la lor forma, posseder deggiono le parti or indicate.

140. — Riscaldando dell'acqua in un vaso aperto, si oppongono alla svaporazione di essa due ostacoli che sono la coesione delle sue molecole, e il peso dell'atmosfera che comprime le molecole stesse. Questi due ostacoli vogliono essere superati, se vuolsi ottenerne l'effetto.

Col continuato riscaldamento dell'acqua portato fino a 100° C, quelle molecole acquistano finalmente una tendenza ad allontanarsi l'una dall'altra, maggiore delle cause controperanti anzidette. Ad un certo momento vediamo alzarsi dal fondo del vaso delle bolle di vapore e attraversare tutta la colonna liquida, e poi mettersi l'acqua in bollitura in tutta la massa, e finalmente disperdersi per l'aria sotto forma di leggiera nube di fumo. Ciò è quanto da noi si denomina *bollire*; la tensione delle bolle del vapore che ascendono è uguale alla pressione atmosferica, senza di che non si potrebbero formare. Così ci è dato convertire completamente in vapore una certa quantità d'acqua, ed osservare del pari che in tutto il tempo della bollitura il termometro non sorpassa mai i 100° C ancorchè si accresca la misura del fuoco sotto il vaso. Tutto il calore eccedente si esaurisce in questo modo, come vedremo, nel vapore che si forma.

Volendo far bollire dell'acqua sopra un monte elevato, se faremo la esplorazione con un termometro, vedremo che non ci sarà bisogno di farlo ascendere a 100 C per ottener la bollitura, perchè la pressione atmosferica ivi essendo minore, l'acqua bolle ad una temperatura più bassa. E infatti sull'altipiano di Quito, ch'è a 8724 piedi sovra il livello del mare, l'acqua bolle a 90° C.; ivi si può far cuocere un uovo in vasi aperti, senza che la sua albumina si coaguli intieramente e si assodi. Per la ragione medesima sotto la macchina pneumatica, o dovunque esista un ambiente con aria molto rarefatta, l'acqua si mette in ebollizione prima ancora che il recipiente che la contiene sia riscaldato.

141. — Ma anche senza l'aggiunta di artificiale calore l'acqua si converte in vapore ogniqualvolta sia liberamente esposta nell'ambiente atmosferico. Codesta trasformazione spontanea si effettua però molto lentamente, e chiamasi *svaporazione*. Una data quantità d'acqua svapora tanto più presto quanto più è larga la sua superficie, e in più esteso contatto coll'aria, e quanto più questa è calda ed asciutta, nonchè mutata ne' suoi strati; quindi diviene massima nei luoghi esposti al sole, e sotto l'azione del vento.

142. — Quando nell'acqua venga sciolto del sale comune, od altri sali e sostanze, essa ha bisogno di essere riscaldata al di

sopra di 100° C. per mettersi in ebollizione; epperciò il brodo in cui vien cotta la carne possiede sempre un calore più intenso dei 100 gradi, e produce più gravi scottature sulla nostra cute della semplice acqua bollente.

143. Dei vapori. — La legge di Mariotte (§ 97) c'insegna, che la forza espansiva dell'aria rinchiusa è tanto più grande quanto più ristretto è lo spazio entro cui è tenuta compressa. A questa legge sono soggetti tutti i gas, sebbene alcuni lo siano soltanto entro certi limiti. Quando, p. e., si sottopone l'acido carbonico ad una sempre crescente compressione, s'aumenta ad un tempo la sua forza espansiva, ma con grande rapidità esso passa dallo stato aeriforme allo stato liquido. Lo stesso avviene con parecchi altri gas, quali sarebbero il gas cloro, il gas luce, ecc. Diminuendo la pressione, una parte del liquido che forzatamente era per essa mantenuto in tale stato, si sprigiona, e convertesi di nuovo in gas. Solo tre fluidi gasiformi, quali sono l'idrógeno, l'ossigeno e l'azoto, come pure quella mescolanza di due di essi che compone l'aria atmosferica non si mostraron finora suscettivi per qualsiasi forza di pressione di ridursi allo stato liquido e sono perciò chiamati *gas permanenti*.

Col nome speciale di *vapori* s'intende poi significare quei fluidi gasiformi che derivano da corpi, i quali alla ordinaria temperatura e sotto la media pressione dell'aria possono contenersi allo stato liquido come sono l'acqua, l'alcool, l'etere, il mercurio e somiglianti.

Questi vapori si distinguono inoltre dai gas in ciò sostanzialmente, che non si mostrano soggetti alla legge di Mariotte. Se in uno spazio riempito di vapore fino a saturazione, noi aumnentassimo la compressione, non vedremmo il vapore stesso aumentare la propria tensione; ma sì una parte del medesimo si convertirebbe in liquido mentre tutto il rimanente manterrebbe la stessa tensione che avea precedentemente.

144. — Ma se invece noi scalderemo dell'acqua in un vaso chiuso di guisa che il vapore prodotto non possa uscirne, intanto che il calore dell'acqua senza interruzione si aumenta, allora i vapori racchiusi acquisteranno una tensione sempre maggiore, fino ad assumere una forza veramente terribile. Ond'è che in cosiffatto genere di esperimenti è sempre buona regola far uso di vasi di ferro assai resistenti.

Prendendo un vaso di vetro (fig. 131) di forma cilindrica la cui apertura sia chiusa da un ben addattato stantuffo *p*, e riscaldando

l'acqua che in esso è contenuta, si produce tale una tensione nel vapore che ivi si forma da respingere lo stantuffo a distanza su pel cilindro. Dopo ciò se si leva il vaso dal fuoco, e pel diminuito calore venga ricondensato di nuovo il vapore, rimarrà sotto lo stantuffo uno strato d'aria rarefatta che lo farà ridiscendere pel solo effetto della pressione atmosferica esterna.

Fig. 131.

In questo così semplice fenomeno dello alzarsi e discendere d'uno stantuffo per lo espandersi, e il condensarsi del vapore acqueo, troviamo la prima origine del maraviglioso meccanismo delle *macchine a vapore.*

Il seguente specchio porge i ragguagli della forza espansiva del vapor acqueo alle alte temperature.

Tensione dell'atmosfera	Temperatura corrispondente	Pressione sovra 1 centim. ☐
1	100°	2,06
2	121	4,14
4	145	9,66
6	160	12,40
8	172	16,56
10	182	20,66
15	200	30,98
20	215	41,22
25	226	51,64
80	236	61,98

145. La macchina a vapore. — Insino dai primordii della invenzione dell'arte tipografica si riconobbe in essa un avvenimento che assicurava alla scienza una eterna durata, mercè la grande divulgazione delle idee ed il concorso di aiuti infiniti, sebbene allora non fosse giunta per certo al grado di perfezionamento cui è pervenuta a' giorni nostri.

La medesima cosa possiamo oggidì affermare della invenzione della macchina a vapore per ciò che riguarda le arti e le industrie. Essa moltiplica all'uomo le braccia in ragione di centinaia e migliaia, risparmia e tiene il luogo della forza e della velocità di

migliaia d'animali da tiro e da soma; rende il navigante indipendente dal vento e dalle correnti, mette in movimento i nostri mulini, senza che abbiamo a prenderci inquietudine se la gora dissecchi o si congeli; supera con la massima facilità la resistenza d'enormi pesi e valica sterminate distanze colla rapidità dei venti. E siccome qualsivoglia considerevole trasformazione delle condizioni esterne dell'uomo, è causa d'una reazione anche nelle interne, così l'influenza indiretta della forza del vapore si esercita con non minore importanza anche sulle attinenze morali dell'intiera società.

Se lo scopo dell'arte tipografica fu di agevolare, accrescere e perpetuare la comunicazione delle idee e dei pensieri, può dirsi che quello della macchina a vapore sia di procacciar la maggior copia di fatti ed intuizioni, per modo che se quella serve a congiunger fra loro tutti gli ingegni d'ogni secolo, questa opera senza più l'unione tra loro delle persone da tutte le parti del mondo.

Perlocchè non sapremmo negare alla macchina a vapore uno special posto in questo libro affichè i suoi effetti non ci si presentino avanti come arcani inesplicabili, o prodigi di magia, ma sibbene quali ammirabili manifestazioni delle forze della natura usufruttate dall'umana intelligenza.

146. — L'azione di una macchina a vapore non è per se stessa altro che la conseguenza della grande tensione del vapor acqueo chiuso e portato oltre la temperatura dell'ebollizione: l'energia di quest'azione dipende dal grado della tensione stessa del vapore che si ottiene e dalla superficie dello stantuffo.

Ammesso che il vapore abbia una tensione uguale alla pressione atmosferica e la superficie dello stantuffo sia d'un metro quadrato (pari a 1378 pollici quadrati parigini), ne deriva, secondo che abbiam detto al § 102, che lo stantuffo viene ad esser compresso da una forza che è uguale ad un carico di 20 mila libbre ted. o circa 10 mila chilogrammi. Se invece si impiega un vapore della triplice o quadrupla tensione, in pari proporzione aumenta altresì l'azione della macchina.

Le macchine in cui la forza del vapore è a moderata tensione, vale a dire non eccedente il valore della pressione atmosferica, si dicono macchine *a bassa pressione*, mentre le altre in cui la tensione è più forte hanno il nome di macchine *ad alta pressione*.

Non si creda tuttavia che le prime sieno incapaci di produrre un effetto uguale a quello che si ottiene dalle seconde. In queste ultime il diametro del cilindro è più piccolo, ond'è che la pro-

porzione rimane pareggiata; perciocchè si produrrà evidentemente lo stesso effetto per la pressione d'una sola atmosfera, con uno stantuffo che abbia 4 piedi quadrati di superficie, come con la pressione di quattro atmosfere sopra uno stantuffo la cui superficie sia soltanto di 1 piede quadrato.

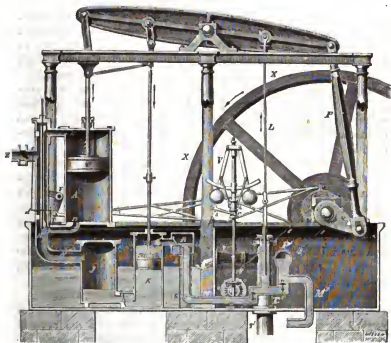
Nell'ultimo caso è più piccola naturalmente anche la circonferenza della macchina, in ispecie perchè il vapore non viene ad esser condensato sotto l'una delle faccie dello stantuffo, ma invece si lascia che vada disperso nell'atmosfera, rendendo così la macchina molto più semplice.

147. La caldaia del vapore. — La produzione del vapore ha luogo nell'apparecchio che ha il nome di *generatore*, e consiste in caldaie di ferro o di rame, le quali possono aver forme diverse, ma però sempre tali da offrire al fuoco una estesa superficie. Generalmente si prescieglie la forma di cilindro chiuso alle due parti estreme, le quali rimangono inviluppate dal fuoco. Si consegue così l'effetto di ridurre sollecitamente una grande quantità d'acqua in vapore, il quale per un tubo viene diretto verso la macchina. La grossezza delle pareti della caldaia si proporziona al diametro suo ed alla tensione del vapore, e ciò con norme accuratamente determinate. Appropriati meccanismi inserti nella caldaia servono a dar la misura della tensione del suo vapore e della quantità dell'acqua esistente; oltrecciò essa trovasi provveduta delle valvole dette di *sicurezza*, di un tubo *scaricatore* pel vapore, del tubo d'*immissione* per rimettere l'acqua, e finalmente del così detto *foro maschio* che serve a penetrare nell'interno della caldaia e ripulirla.

148. — La macchina a bassa pressione è quella disegnata nella fig. 132. In questa macchina il vapore che si svolge dalla caldaia (che qui non è disegnata) entra pel tubo Z nel cilindro A chiuso ermeticamente di sopra e di sotto. Ivi sono due aperture E e D, l'una delle quali E conduce il vapore nella parte superiore del cilindro, l'altra nella parte inferiore, e ciò sempre alternativamente per opera d'uno speciale congegno.

Quando il vapore s'introduce per l'apertura E superiore allo stantuffo, questo viene abbassato; quando invece entra per D nello spazio sottostante allo stantuffo, oppone resistenza al medesimo e lo innalza: in ogni caso questo vapore bisogna che trovi un'uscita da una delle parti dello stantuffo. Il suo sprigionamento ha luogo di fatto con grande regolarità, in quanto che quello stesso meccanismo che serve a condurre alternativamente il vapore

di sopra o di sotto al disco dello stantuffo, nel tempo medesimo lascia passare il vapore che esce in D alla parte inferiore del cilindro pel tubo H, che lo conduce nel recipiente J, ripieno d'acqua

Fig. 132.

fredda, destinato a condensarlo, e quindi chiamato *condensatore*.

Ma se nella metà superiore del cilindro il vapore opera con forte tensione, intantochè la metà inferiore rimane vuota per la condensazione di quello che ivi era racchiuso, ne avviene di necessità che lo stantuffo C deve *abbassarsi*, e nello stesso modo muoversi invece verso *l'alto* qualora il vapore che si espandeva là sopra si condensa, intantochè dall'apertura D inferiore nuovo vapore rientra.

La tromba K, che chiamasi *tromba ad aria*, serve non solo a levar l'acqua ma eziandio tutta l'aria che si svolge dal riscaldamento di quella, ed a portarla nel serbatoio R donde ella esce in parte pel tubo S, in parte per un altro tubo M. Parecchi furono

gli artifizii addottati dai meccanici, mediante i quali introdurre il vapore, or nel condensatore, or sotto il cilindro, e ingegnosissime sono a questo scopo le combinazioni di robinetti a due o a quattro fori, e di valvole di diversa forma, la cui descrizione minuta sarebbe qui fuor di luogo.

È naturale che l'asta fissata al centro del disco dello stantuffo, la quale scorre a tenuta d'aria a traverso il coperchio del cilindro, debba seguire il moto di ascesa e discesa del disco medesimo. In alcuni casi però questo modo di movimento verticale che è il più corrispondente al meccanismo dell'apparecchio più comunemente in uso nelle nostre macchine, p. e., pei mulini d'acqua, viene mutato in direzione orizzontale mediante un fusto, che appellasi *albero*. Non si tratta che di convertire il moto d'ascesa e discesa dello stantuffo colla sua asta nella rotazione d'un albero orizzontale.

E ciò ha luogo nella maniera seguente. Il fusto o l'asta dello stantuffo è fissato ad una delle estremità ad una leva a braccia uguali, che appellasi *bilanciere;* all'altra estremità di questa leva sta congiunto il *regolo d'unione P*, che colla sua inferiore estremità è fissato mediante la *manovella Q* ad un albero orizzontale nella identica foggia che si vede essere il *cavalletto* alla manovella nei soliti filatoi. Girando l'albero, gira anche la *ruota bilanciera X X* che le è attaccata, e ciò nella direzione indicata dalla freccia.

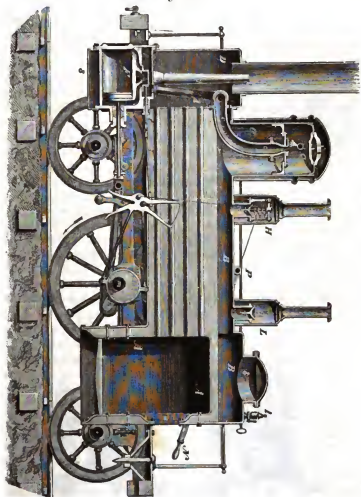
Ci rimane ora a spiegare alcune altre parti della macchina.

L'acqua che si raccoglie nel condensatore, e ch'è il prodotto del vapore tornato allo stato liquido, viene scacciata mediante la *pompa* che opera nel serbatoio *K*. Di là passa nel recipiente intermedio *R*, donde per l'azione dell'asta dello stantuffo *L* d'una tromba premente viene scacciata dal tubo *M* e spinta nella caldaia. Quest'acqua conserva sempre alquanto di calore, e quindi più facilmente è disposta a ritornare in vapore.

Il meccanismo *V* è detto *regolatore* o *moderatore*, e consiste in un sistema di due sfere mobili, a cui si congiunge il manubrio di una valvola *e*, chiamata di *soffogamento*, per via d'una serie di leve o di regoli, costrutti in modo che quando le sfere divergono dall'asse del regolatore, la valvola si chiude più o meno, e quando ricadono su quello, la valvola si apre del tutto. Così si ottiene maggiore o minor quantità di vapore, secondochè si vuole avere una maggiore o minore manifestazione di forza.

149. La macchina ad alta pressione richiede nello stesso

periodo di tempo presso a poco la medesima quantità di vapore della precedente di ugual forza. La prima dev'essere tuttavia costrutta in modo, che rapidamente e dentro limitate dimensioni possa convertire in vapore una grande massa d'acqua.

Fig. 133.

Ciò ha luogo nella maniera di cui può dar un'idea la fig. 133,

nella quale è rappresentato lo spaccato longitudinale d'una locomotiva, e la fig. 134 che ne mostra lo spaccato trasversale. Si scorge come l'aria riscaldata nel fornello $A A$ trascorra per una quantità di tubi di rame collocati orizzontalmente ed investiti tutti intorno dall'acqua I vapori che se ne producono, i quali acquistano una tensione di 4 fino a 6 atmosfere raccolgonsi nei ricettacoli BB, montano sulla parte più elevata CC, e arrivano fino al tubo cc, che si divide in due rami (dei quali non è visibile nella figura che uno solo in d), e di là recansi nei cilindri. I cilindri sono due (dei quali non è qui visibile che il solo in f), collocati ai due lati del carro, in posizione orizzontale, e tale è altresì quella del loro stantuffo coll'asta relativa, per poter effettuare un moto di va e vieni. L'asta è in congiunzione con una gran leva che ha il suo braccio nella manovella n e il suo punto d'appoggio in p, e quindi mette in moto la ruota principale, mentre le piccole ruote sono soltanto rimorchiate da quella. Il tubo q dà sfogo al vapore divenuto inutile, per mezzo dello sfiatatoio che attraversa il camino.

Fig. 134.

Uno dei più usati tra i meccanismi che servono a determiuare

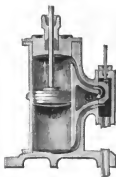
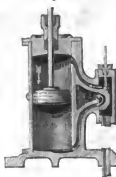



Fig. 135. Fig. 136.

il passaggio del vapore da uno o dall'altro lato del disco dello

stantuffo, e a dare uscita al medesimo viene qui rappresentato nella fig. 135-136. Come si vede, una parete del cilindro è molto grossa attraversata da due canali che si aprono in un cassetto mobile, nel quale mediante un tubo conduttore penetra il vapore. Quando la macchina è in moto, dà origine col mezzo d'un accomodato congegno ad una continua e piccola deviazione del cassetto, per la quale alternativamente (come dalla fig. 135) il vapore, una volta entrato pel canale inferiore, spinge insù lo stantuffo, mentre il vapore che sta di sopra trova uscita libera per l'altro canale e pel foro di scarico *A*, e l'altra volta invece le cose stesse avvengono in senso contrario come nella fig. 136.

150. — Essendo l'applicazione della forza del vapore un dei trovati, onde va più superba a buon dritto la meccanica odierna, è naturale che molti si disputasser l'onore della scoperta. Arago ha posto fuori di dubbio che al francese Papin appartiene realmente il merito di aver proposto fin dal 1694 l'uso del vapore per dar movimento alle navi da guerra, vale a dire 42 anni prima che l'inglese Jonathan Hull, che i suoi concittadini proclamano il primo scopritore, avesse enunciato intorno a ciò veruna idea. — Nel 1775 l'accademico Perrier fece a Parigi costruire il primo battello a vapore, ma il tentativo fallì perchè egli non seppe proporzionare la forza della macchina alle resistenze da vincere. Gli sperimenti tentati da Jouffroy e Desblancs in Francia, da lord Dundas, da Bell, dal duca di Bridgewater in Inghilterra, da Liwingston negli Stati-Uniti non ebbero miglior successo.

Roberto Fulton pervenne finalmente a superare gli ostacoli, e nel 1808, mediante una macchina modellata da Watt, fu visto il primo vascello a vapore percorrere colla velocità di 4 miglia geografiche all'ora, la distanza da Nuova York ad Albany.

Da quell'epoca quanti progressi, quanta rapidità di comunicazioni!

Il combustibile usato in siffatte macchine è generalmente il carbon fossile. Una macchina permanente della forza di un cavallo consuma in un'ora circa 10 chilogr. di carbone. Durante lo stesso tempo: una della forza di 2 cavalli . . . chil. 15 1/2

»	10	» . . .	»	50
»	20	» . . .	»	83
»	100	» . . .	»	277 1/2
»	200	» . . .	»	550

Le macchine dei battelli a vapore e le locomotive ne consumano in proporzione assai più rilevante.

151. Trasmissione del calore. — Sappiamo che un corpo al quale sia stato comunicato un alto grado di calore, perde a poco a poco del medesimo, e da ultimo si raffredda. Sappiamo altresì che in un corpo a bassa temperatura, questa a poco a poco s'accresce, qualora esso sia sottoposto all'azione d'una sorgente calorifera. Il calore non è adunque equabilmente contenuto in un corpo, ma, come accade in ogni specie di movimento, tende sempre a mettersi in equilibrio negli oggetti circostanti, ed è quindi in un movimento continuo.

La diffusione di esso si effettua per due maniere; nell'una si trasporta attraverso la massa stessa dei corpi comunicandosi da una molecola alle sue vicine, finchè tutte ne siano allo stesso grado compenetrate. Ciò appellasi *conduttività* del calorico. Nell'altra si distribuisce attraverso lo spazio o per una vera irradiazione di molecole o per una serie di ondulazioni che partono dal corpo che emana calore allo stesso modo che da un corpo luminoso o sonoro partono le onde della luce e del suono. A quest'ultima guisa di diffusione fu dato il nome di *calorico raggiante*.

152. — Non tutti i corpi trasmettono il calorico alla loro massa colla stessa celerità. Uno spillo che si arroventi ad una estremità ci scotta le dita, se lo teniamo per la estremità opposta. Per contro una bacchettina di legno anche più breve può bruciare all'un de' capi, ed esser dall'altro tenuta fra le dita senza alcun danno. Dei corpi dunque alcuni sono *buoni* conduttori di calorico, altri conduttori *cattivi*.

I corpi densi, come sarebbero i metalli, sono i migliori: della qual cosa possiamo aver una prova tenendo sulla fiamma d'una lampada orizzontalmente un tessuto di fil di ferro; esso sottrae il calore con tanta prestezza e in tal quantità che ne rimane infocato, e non lo lascia passare attraverso la tela metallica.

I corpi di densità minore trasmettono il calore assai lentamente a traverso la loro massa, e ciò probabilmente deriva dalla disposizione stessa delle loro molecole, più discoste le une dalle altre. Quindi le pietre, la terra, le stoviglie ed il vetro sono annoverati fra i mediocri conduttori; il legno, la paglia, i capelli, le fibre delle piante, e i loro artificiali prodotti, fra i cattivi.

Molti dei fenomeni che osserviamo nella vita comune, sono conseguenze della diversa conduttività dei corpi, come la più pronta ebollizione dell'acqua in vasi metallici che in vasi di terra, la facile estinzione di un pezzo di carbone ardente allorchè lo poniamo sovra una lastra metallica, anzichè sovra un pezzo di

legno; la sensazione di freddo che producono sul nostro tatto i metalli, dovuta alla immediata sottrazione di calorico che determinano alla cute, e simili.

Affinchè il nostro corpo non perda troppo del suo calore sia per irraggiazione, sia per conduzione, noi usiamo appunto di avvilupparlo entro cattivi conduttori, quali sono gli abiti di panno, le lane e le pelliccie; parimenti ci serviamo per lo stesso fine di materassi di lana e di penne d'uccelli nei nostri letti, come altresì involgiamo gli alberi di paglia per guarentirli dal freddo.

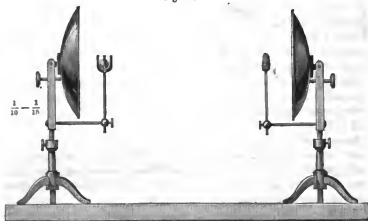
Anche l'aria e l'acqua sono fra i cattivi conduttori. Tutti sanno come nelle cantine e nelle cisterne l'aria conservi d'estate e d'inverno presso a poco un'uguale temperatura, e come abbiamo veduto al § 136, tanto essa che l'acqua non comunicano il calore se non in quanto sieno poste in movimento. Fra i conduttori cattivi dobbiamo annoverare anche la neve ed il ghiaccio, come lo prova il facile gelarsi delle seminagioni nel verno quando non sono dalla neve coperte, la quale appunto come cattivo conduttore, impedisce il rapido disperdersi del calor della terra.

153. — Dell'irraggiarsi del calorico abbiamo convincente argomento nel solo avvicinarsi ad un corpo che sia in istato di combustione o di forte riscaldamento, come un camino od una stufa accesa. Che poi il suo diffondersi avvenga a modo di raggi, ce ne farà chiari l'osservar come un parafuoco posto fra la fiamma e noi serva a guarentirci dalla sua azione. Dal sole medesimo il calore si diffonde per raggi sulla terra mentre l'aria non rimane tuttavia che mediocremente riscaldata dai medesimi, ed anzi negli strati superiori conserva una temperatura assai bassa.

In modo analogo ai raggi sonori, i calorifici vengono *deviati* od *inflessi* quando da una porzione di materia pervengono ad un'altra di densità uguale, e sono anche *riflessi* se urtano contro a corpi che non si lascino tosto attraversare. Ciò si osserva ad evidenza nelle lenti ustorie e negli specchi ustorii.

Della lente ustoria dovrem parlare, allorchè tratteremo della luce. Lo *specchio ustorio* poi è uno *specchio concavo* ordinariamente di ottone levigato e ben polito. — Si vedano nella fig. 137 due di questi specchi posti l'uno dirimpetto all'altro. Tutti i raggi caloriferi che cadono paralleli all'asse sulla superficie curva dello specchio, sono da questa rimandati in modo che si concentrano in un dato punto davanti allo specchio medesimo. In questo punto si trova riunita la somma di tutti i raggi che furono adunati dalla superficie cava di quello specchio, e ivi costituiscono col loro

apice ciò che si chiama il *foco calorifico*. Ponendo un corpo emanante calore nel foco d'uno specchio ustorio, tutti i raggi che

Fig 137.

cadono sopra di questo saranno rimandati in direzione parallela.

Questa proprietà degli specchi ustorii venne confermata dalle seguenti esperienze. Se si hanno due di questi aparecchi collocati come appare nella fig. 137, e nel foco dell'uno siavi una massa di ferro arroventata, ovvero un cucchiaio contenente carbone ardente; se nel foco dell'altro (a distanza anche di 18-20 piedi) v'abbia un corpo facilmente combustibile (p. e. un zolfanello), si scorge quest'ultimo accendersi. Ciò è l'effetto della ripercussione dei raggi emanati dal corpo rovente od ardente i quali si riflettono dal primo specchio e corrono diritti al foco del secondo che li ha raccolti, e rimandati alla sua volta. Ponendo un termometro alquanto fuori del foco, ovvero in un punto qualunque fra i due specchi, si acquista la convinzione che in nessun altro punto i raggi calorifici producono un considerevole aumento di temperatura.

Il grado di calore che si concentra nel foco dipende dalla grandezza dello specchio e dal grado di temperatura della sorgente calorifica. Vennero costruiti specchi ustorii coi quali si ottenne la fusione e la infiammazione, mediante i raggi del sole raccolti e riuniti nel loro foco, di alcune sostanze che non poterono essere liquefatte od accese dalle più intense fiamme dei nostri fornelli.

La velocità poi dei raggi calorifici si ritiene uguale a quella dei luminosi, i quali in un secondo percorrono 42,000 miglia (germaniche).

154. — I corpi offrono una maniera di comportarsi svariatissima rispetto i raggi calorifici che li colpiscono. Pochi son quelli che li lascino passare per intero attraverso la propria massa senza trattenerne neppure la più piccola quantità. Questo è, p. e., il fatto che si osserva nell'aria, e fra i corpi solidi nel sal gemma. Tali corpi vengono annoverati fra le eccezioni alla legge generale secondo la quale è riconosciuta in tutti gli altri la proprietà di trattenerne una maggiore o minore quantità.

Vale generalmente a questo riguardo la regola, che un corpo solido ritiene tanto maggior copia di raggi calorifici, quanto esso è men denso, e quanto più oscura è la sua tinta. Laonde il nero fumo li assorbe quasi tutti; l'argento ed il ferro levigati e politi, li rimandano quasi per intero. Coprendo due termometri l'uno con una stoffa bianca, l'altro con una nera, ed esponendoli entrambi al sole, si vedrà questo secondo segnare una temperatura più elevata dell'altro. Similmente venne notato che la neve si fonde più facilmente quand'è coperta di uno strato nero che d'una stoffa bianca. Un campo sente più fortemente l'azione del sole allorquando il terreno è nericcio di quello che quando è di colore più chiaro. Da ciò si può comprendere il perchè nell'estate si preferiscano vestimenti chiari, ed oscuri nel verno.

Anche nella facoltà di *irraggiare* il calorico mostransi affatto opposti i due accennati gruppi di corpi. I solidi più densi possiedono questa proprietà in un grado assai limitato mentre nei soffici e porosi essa è di molto maggiore. Qualunque liquido caldo, come p. e. il the ed il caffè, si raffredda assai più lentamente in una tazza bianca, di quello che in iscodelle di terraglia di colore oscuro.

155. Calore Latente. — Si è già accennato al § 140 che l'acqua allorchè sia pervenuta al punto della ebollizione, non acquista un grado di calore più elevato per quanto le si aggiunga di fuoco. Una parte del calore è certo che passa nel vapore, ma il termometro non segna che gli stessi 100° C. tanto in esso come nell'acqua. Se si mette della neve o del ghiaccio (ambidue al certo dotati di 0° di temperatura) entro un recipiente e sopra una stufa, l'acqua che deriva dalla loro fusione segna del pari 0°. Tutto il calore impiegato in tal circostanza apparentemente serve soltanto a convertire l'acqua solida in acqua liquida senza che questa dia

segno di maggior calore, come non lo mostra diverso il vapore dall'acqua che bolle.

I corpi possono adunque assorbire calore, senza che la loro temperatura s'accresca, ma in tal caso mutano di densità. Codesta condizione particolare del calore assorbito e non percepibile dai sensi è stata significata col nome di *Calorico latente*. Quindi è che il vapore prodotto da 100° C. di temperatura è costituito da acqua a 100° C. più calorico latente.

In tutte le circostanze in cui un corpo passa da uno stato più denso ad uno meno denso, esso sottrae e nasconde calore, la qual sottrazione è a scapito degli oggetti circostanti, che perciò appunto si raffreddano. Se nelle giornate più calde di estate si versa dell'acqua sul pavimento, questa si converte in vapore, che per formarsi ha bisogno di assorbire una quantità di calorico dai corpi circostanti, e rende così l'ambiente più fresco. Un termometro asciutto messo in confronto con uno che abbia la sua vaschetta bagnata, scenderà in questo ultimo ad un grado più basso perchè l'acqua svaporando sottrae calorico al termometro stesso.

Il passaggio d'un corpo aeriforme allo stato liquido, e da questo al solido è causa sufficiente perch'esso perda del suo calore latente. Ciò ha luogo generalmente in certe circostanze, in cui il calore libero non è molto sensibile; tuttavia col soccorso della chimica siamo in grado di accertare una tal verità. Grandi quantità d'acqua vengono adoperate per convertirle allo stato vaporoso, o solido o viceversa, come si usa, p. e., nella così detta *estinzione* della calce; la quale per lo svolgimento del calore latente, dà luogo ad elevazione notevolissima di temperatura. Quando si mescola dell'acido solforico con del sale cristallizzato di Glauber, che contiene sempre dell'acqua, si vede quest'ultimo sciogliersi d'improvviso, assorbendo tanto calorico da portare un raffreddamento di 8-10° che è bastante nei più cocenti calori dell'estate per produrre del ghiaccio, come vedremo nella chimica.

156. Calorico specifico. — Quando si vogliono riscaldare uguali quantità in peso di diversi corpi che abbiano p. e. la stessa temperatura di 0° e portarle al medesimo grado di calore p. e. a + 1° C. fu osservato che molto diversa è la quantità di calorico che conviene impiegarvi. Scegliamo ad esperimento l'acqua, l'olio di trementina, il ferro e il mercurio, e troveremo che le quantità di calorico per portare ciascuna di codeste sostanze da 0° a + 1° C. dovranno essere come 1° : $^1/_2$: $^1/_8$: $^1/_{38}$; cioè la tremen-

tina richiederà soltanto la metà: il ferro l'ottava parte, il mercurio la trentottesima di quella che è richiesta dall'acqua. Supponiamo che esistano in due recipienti diversi ed alla stessa temperatura un chilogr. d'acqua ed un chilogr. di trementina. Per riscaldarle al medesimo grado occorrerebbero pertanto per l'acqua due fiamme della stessa grandezza di quella che unica basterebbe per la trementina.

Codesta relativa quantità di calorico che è necessaria ad elevare ad eguale temperatura i corpi, viene denominata *calorico specifico* dei corpi stessi; e per determinarlo si prende, come misura di paragone, quello dell'acqua considerata come 1°.

Si deduce da questo fatto, che allo stesso modo che ciascun corpo ha una densità sua propria, così possiede eziandio una quantità di calorico specifico che non si rivela al termometro, dalla cui maggiore o minor copia dipende la facoltà sua di assorbirne di più, ovvero la sua *capacità calorifica.*

Azione delle diverse sostanze combustibili.

È di pratico interesse il chiudere questo capitolo con una enumerazione delle quantità di calore che si richiedono per mettere in combustione alcune determinate quantità di diversi corpi. L'esperienza ha dimostrato che coll'abbruciare mezzo chilogr. delle sotto indicate sostanze combustibili possono essere riscaldate le seguenti quantità d'acqua da 0° a 100° C.

Gas idrogeno	115	Torba comune	7 1/2
Gas luce	32	» purificata	15
Legna perfettamente asciutta	18	Carbone di torba	31 1/2
Legna asciugata all'aria	14 1/2	Olio d'oliva	56
Carbone di legna	36 1/2	» di ravizzone	46 1/2
Carbon fossile di 1a qualità	35	Alcool	30
» » di 2a »	30	Sevo	40
Koke	33		

VI.

Della Luce.

157. — Anche i fenomeni così patenti della luce sono prodotti da cause prossime, che qui verranno da noi prese ad esame trattando anzitutto delle sorgenti della luce medesima. Considereremo pertanto a quest'uopo 1° il sole e le tenebre, 2° il calore, stantechè tutt'i corpi sotto l'azione d'un certo grado di calore appaiono luminosi, essendo indifferente se questo sia conseguenza d'azione meccanica o chimica (quest'ultima è del resto la più comune), 3° l'elettricità, 4° la fosforescenza che si palesa in alcuni animali di classi inferiori, fra i quali i più comuni sono le lucciole. La possedono in minor grado alcune piante, specialmente le rizomorfe che il più sovente si trovano nelle miniere, 5° la putrefazione di sostanze animali sopratutto dei pesci, quella delle materie vegetabili decomposte, e del legname infracidito.

Di tutte le indicate sorgenti di luce la più importante è senza dubbio il sole, e subito dopo trova luogo quella che è originata dal chimico processo della combustione.

Negli altri casi in cui si vede da un oggetto scaturire la luce, dobbiamo sempre ritenere che essa non vi esiste come elemento naturale, ma vi è soltanto comunicata. E perciò tutt'i corpi o sono o *splendenti* e *luminosi* per se stessi o non *luminosi* ed *opachi*. Alla prima classe appartengono il sole, la fiamma, i metalli roventi, la scintilla elettrica; alla seconda quei corpi che sono temporaneamente resi visibili quando si mettono in presenza dei primi. Anche la luce lunare è comunicata dal sole, e non deriva naturalmente dalla luna medesima.

158. — La luce così sovente si mostra accompagnata dal calorico, e si accorda con questo in tante delle sue proprietà, che questi due elementi, secondo l'opinione di molti, si direbbero indivisibili, e costituire anzi un solo principio capace di dar fenomeni diversi secondo il suo diverso grado d'intensità o la diversa maniera d'azione. Eppure essi si possono e distinguere e separare. Una sottile lamina di vetro trasparente, frapposta tra il volto ed un fuoco vivace, non intercetta veruna apprezzabile porzione di luce, ma diminuisce assai sensibilmente il calore.

Abbiamo inoltre apparenze di luce anche molto splendente, p. e. negli animali fosforici, e nel chiaro della luna non accompagnate da alcuno sviluppo di calore, come d'altro canto abbiam corpi capaci di molto e intenso calore, che sono privi affatto di luminose manifestazioni.

159. — La luce si diffonde a raggi che dal centro luminoso partono in tutte le direzioni. La velocità con cui si effettua codesta trasmissione è veramente maravigliosa, se è vero, come lo dimostrano le osservazioni astronomiche, che la luce del sole percorra in un secondo ben 42 mila miglia tedesche, cosicchè da quell'astro al nostro pianeta non impieghi più di 8 minuti e 13 secondi.

I raggi luminosi allorchè vanno a colpire un oggetto si comportano nell'identica maniera che i raggi sonori e calorifici. Noi possiamo distinguere essenzialmente tre casi.

1° O codesti raggi sono più o meno completamente *assorbiti* dai corpi sui quali si posano; — 2° O ne sono *riflessi;* — 3° O finalmente *passano attraverso* i corpi stessi.

160. — Quando avvenga che un corpo assorba tutt'i raggi luminosi che cadono sopra di lui, questi scompaiono tutti dai nostri occhi, ed il corpo mostrasi nero. Esso però a differenza di ciò che avviene col calore, non ne assorbe tanta quantità da poterne comunicare una porzione ad altri, ossia non diffonde veruna irradiazione. Da questo fatto deriva *l'ombra* ovvero la mancanza di luce, che il corpo genera dietro di se medesimo. Di tutte le diverse sostanze, il nero fumo è quella che assorbe la massima quantità dei raggi di luce.

161. — Molto più numerosa è la serie dei corpi che riflettono la luce nell'atto, che ne assorbono una parte. I metalli, sovratutto se lucidi e forbiti, sono quelli che la rimandano quasi per intero; generalmente parlando una tal proprietà decresce negli altri corpi in ragione della loro densità, mollezza e ineguaglianza di superficie; la quale ultima circostanza è causa o che gran copia di raggi venga assorbita, o che nei corpi bianchi, come sarebbe la carta, sia riflessa in ogni senso, dando luogo a ciò che appellasi *dispersione* di luce. Sempre tuttavia dietro gli stessi corpi che la riflettono producesi un'ombra.

Dipende appunto dalla riflessione e dalla dispersione della luce la possibilità del rendersi i corpi visibili, vale a dire di presentare al nostro occhio le loro forme e condizioni, e i loro punti percettibili a differenza di altri che sfuggono alla nostra vista.

162. — I corpi che rimandano i raggi regolarmente e completamente si chiamano *specchi*, i quali, astrazione fatta dalla materia onde sono composti, si distinguono in *piani*, *concavi* e *convessi*.

Uno specchio piano *s s'* (fig. 138) rimanda i raggi che vi cadono sopra in tal guisa che un raggio il quale vi cada p. e. in direzione obbliqua alla perpendicolare, come sarebbe la linea *d n*, viene riflesso sotto un medesimo angolo nella direzione *fn*. in altri termini l'angolo di riflessione è uguale a quello di incidenza „ come avviene nell'urto di tutti i corpi elastici. Inoltre il raggio incidente e il raggio riflesso sono in uno stesso piano perpendicolare alla superficie riflettente.

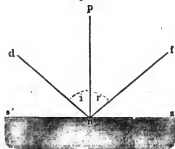
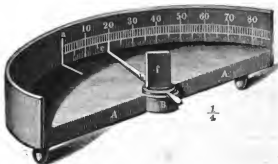



Fig. 138.

Si possono queste leggi accertare sperimentalmente col mezzo dell'apparato indicato nella fig. 139. Esso è composto come segue.

Fig. 139.

Havvi un piccolo specchio in *f*, del quale qui è segnata la faccia posteriore. Una lancetta *bc* collocata perpendicolarmente sulla faccia anteriore dello specchio, serve d'indicatore, e rappresenta la linea d'incidenza verticale. Quella lancetta segna il grado 20 sulla fascia d'un quadrante diviso in gradi uguali. Se attraverso la fessura *a* si fa cadere un raggio luminoso sullo specchio, esso viene riflesso lungo la linea che dirigesi dallo specchio al gr. 40°.

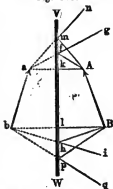
Siccome poi l'indicatore è posto in modo da poter girare intorno all'asse verticale insieme collo specchio, così si può far variare a talento l'angolo d'incidenza ed accertare la medesima legge. Quando il raggio, a cagion d'esempio, cadesse sul grado 30 verrebbe riflesso al grado 60, e così dicasi degli altri casi.

Fig. 140.

Una conseguenza di questa legge si è, che i raggi riflessi da uno specchio divergono come se venissero da un punto che fosse posto dietro lo specchio alla distanza medesima in cui si trova il punto luminoso sul davanti. Quindi è che l'immagine d'uno specchio apparisce a tanta distanza di dietro della sua superficie, a quanta lo è l'oggetto sul dinanzi. Inoltre l'oggetto stesso si manifesta rovescio nel senso, che la parte destra di lui è divenuta sinistra e viceversa. A ciò porgerà schiarimento la fig. 140, nella quale i raggi luminosi $A\,k$, $A\,f$, $A\,m$, che partono dal punto A dell'oggetto $A\,B$, son riflessi in modo che paion venire da a, e in eguale corrispondenza quelli che partono da B, e da qualunque altro punto, formando così nello specchio l'immagine $a\,b$; questa, in ottica, chiamasi *immagine geometrica*.

163. — Lo specchio comune consiste in una lastra di vetro, fornita di due superficie, il più che si possa piane e parallele, una delle quali è coperta, o come dicesi, spalmata con una amalgama di stagno e mercurio. Gli specchi che mancano di parallelismo nelle loro superficie, che sono ineguali o di una pasta vitrea impura, somministrano immagini guaste, e riescono inservibili.

Mettendo due specchi paralleli l'uno all'altro di fronte, l'uno specchia nel suo opposto l'oggetto per guisa che se ne ottiene una riproduzione infinita d'immagini. Scorgesi questo effetto in quelle sale, dove a pareti opposte e parallele sieno appesi due specchi e fra loro trovisi sospesa una lumiera o qualsiasi altro arnese. In ciascuno dei due si vede una interminabile fila di lumiere che si perdono in distanza diventando sempre più languide. Il fenomeno è facile da spiegare considerando come ciascuna immagine riflessa da uno specchio diventi oggetto rispettivamente per l'altro specchio. Ove si pongano invece i due specchi un po' obliqui l'uno contro l'altro, questo numero di vicendevoli riproduzioni diminuisce tanto maggiormente, quanto è più grande l'an-

golo che gli specchi formano fra di loro. La composizione del *caleidoscopio* è fondata sulla forma esagona che acquista un'immagine prodotta da due specchi inclinati l'uno di contro l'altro sotto un angolo di 60 gradi.

Oltre ai più noti ufficii dello specchio, che diviene per alcuni un arnese indispensabile, se ne fanno eziandio non poche applicazioni agli stromenti d'ottica.

164. — Lo specchio *concavo*, ovvero d'ingrandimento, si trova esso pure apposto di frequente ad una delle faccie di quelli specchi rotondi che sogliono essere adoperati da chi si rade la barba. Ma altri più importanti usi meritano che ne teniamo discorso.

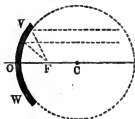



Fig. 141.

Immaginiamoci che ogni specchio concavo sia, come V W della fig. 141 un segmento d'una sfera cava: il punto *C* sia il centro geometrico, o centro di *curvatura* della medesima e la linea *C O* il suo raggio. Il punto F segnato a metà di questo raggio è il *foco principale*, che si trova ad uguale distanza dal centro di curvatura e dallo specchio. La linea retta indefinita che passa pel centro di curvatura e pel centro *ottico O* costituisce *l'asse principale* dello specchio.

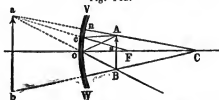
Ciascuno dei raggi cadenti verticalmente sullo specchio è detto *raggio principale*, ed essendo ripercosso nella stessa direzione è diretto al punto C: tutti quelli che corrono paralleli all'asse sono rimandati verso il punto F, ed ivi ha luogo la loro concentrazione (V. § 153).

165. — Partendo da queste proprietà dello specchio concavo possiamo dedurre i fenomeni ch'esso presenta. Avvicinando lo specchio ad un oggetto, esso ci darà immagini differenti secondo che sono più o meno a lui avvicinate. Si prenda, p. e., una freccia e la si ponga fra il foco e lo specchio, e si avrà una immagine geometrica ingrandita della medesima, la quale però comparirà dietro la sua superficie, come suole avvenire negli specchi piani.

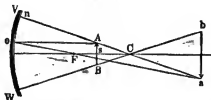
Si trasporti la freccia fra il foco e il centro geometrico dello specchio, si avrà l'immagine del pari ingrandita ma però trasferita davanti allo specchio stesso. — Cerchiamo di spiegare questo fenomeno col soccorso della figura 142.

Sia ammesso che dall'oggetto A B cada un raggio principale

A n sullo specchio, e venga naturalmente riflesso nella direzione *n A C;* il raggio *A c* parallelo all'asse dello specchio sarà riman-

Fig. 142.

dato al punto focale F. I due raggi riflessi non s'incontrano mai insieme davanti allo specchio. Si immagini ora per contro la loro direzione prolungata dietro lo specchio, essi andranno a tagliarsi, nel punto *a*, di modo da dover sembrare all'occhio che il punto A si trovi in quel luogo. Lo stesso accadrà di tutti gli altri raggi uscenti da A B, così che, se ne forma un immagine ingrandita che vien percepita dallo sguardo come esistente dietro allo specchio.

Nella figura 143, ove la freccia è stata posta fra il punto focale F e il centro dello specchio C, il raggio verticale *A n* è riper-

Fig, 143.

cosso nella direzione medesima: ma il raggio *A e* parallelo all'asse dello specchio è respinto verso il punto F focale, quindi il punto A dell'oggetto A B deve apparire là dove i prolungamenti delle linee *n A*, *e F* coincidono, e precisamente nel punto *a*, come indica la fig. 143.

Siccome avviene la stessa cosa rispetto a tutti gli altri raggi, così ne deriva che noi vedremo l'oggetto egualmente ingrossato ma capovolto nell'aria.

E che si mostri veramente la sua immagine nell'aria, torna facile provarlo; basta infatti collocare un pezzo di carta nel posto di *ab* affinchè possa raccogliere i raggi, e si avrà sovr'essa l'immagine al modo ora enunciato, la quale allora prende il nome d'immagine *fisica*.

166. — Lo specchio concavo ha una grande applicazione in quegli stromenti tanto utili all'astronomia, che diconsi *telescopii catottrici*, o di *riflessione*, i quali porgono straordinarii ingrandimenti come era quello gigantesco di Herschell, tanto celebre, che avea ben 5 piedi di diametro. Oggidì sono meno in uso perchè la loro montatura e il relativo maneggio sono accompagnati da grandi difficoltà. Che lo specchio concavo possa servire di specchio ustorio, fu già accennato parlando del calorico. Inoltre esso è un eccellente mezzo per rafforzare la luce, dacchè tutti i raggi d'un corpo luminoso concentrati nel suo foco ne vengono di nuovo rimandati in direzione parallela, il che lo rende assai acconcio nella costruzione di lampade, di lanterne magiche, di fari.

167. — Lo specchio *convesso* offre minore interesse; ed è denominato anche specchio *di dispersione*, perchè tutti i raggi luminosi che cadono sovra di lui vengon riflessi in direzioni divergenti. Egli porge immagini impicciolite, quali vediamo farsi dai bottoni lucidi e forbiti di metallo, e dalle sfere di vetro, le quali sovente in certi punti rappresentano prospettive bellissime. Si usa talora anche come specchio da tasca.

168. Rifrazione della luce. — Si è detto sopra che vi sono corpi, i quali lasciano passare la luce attraverso le loro molecole e tali sono l'aria, l'acqua, il vetro, e tutti in generale quelli che si chiamano *diafani* o *trasparenti*. Non tutti però sono dotati ad ugual modo di questa proprietà, ma alcuni sono pellucidi e semidiafani, altri si rendon tali quando la loro massa sia attenuata sensibilmente. Anche l'oro, sebbene tanto denso, quando venga ridotto in laminette sottili, diventa diafano. Tuttavia per lo studio e la teoria della luce non sono importanti e adoperati se non i corpi che si riguardano come trasparenti perfettamente. E diciamo *si riguardano*, perchè non si trova sostanza, per quanto paia diafana, che non trattenga qualche porzione di luce, sebbene piccolissima, assorbendone o riflettendone alcuni raggi.

Finchè i raggi luminosi si muovono a traverso di un mezzo uniforme, quale è l'aria, la loro direzione mantiensi perfettamente rettilinea e immutata; ma quando un raggio luminoso incontra una materia trasparente che abbia una densità maggiore o minore, allora non conserva più la stessa direzione nel suo cammino, sì bene ne prende un'altra che fa un angolo più o meno aperto con quella.

Si dice in questo caso: *il raggio luminoso si è rotto, o rifratto*, e l'angolo che ne risulta è detto *angolo di rifrazione*.

I diversi fenomeni di rifrazione si presentano al nostro sguardo allorchè la luce dallo spazio celeste perviene ad un'atmosfera più densa, e quando dall'atmosfera passa per l'acqua o per un vetro.

Non v'è chi ignori come un bastone rettilineo ci compaia spezzato nel punto in cui esso s'immerge nell'acqua. Ciò avviene perchè i raggi luminosi che dal medesimo sono trasmessi al nostro occhio, nell'uscire dall'acqua soffrono una deviazione. Per la stessa ragione ci riuscirebbe invisibile un corpo *m* collocato sul fondo d'un vaso *vv'* (figura 144), finchè questo fosse vuoto, e l'occhio si trovasse nel punto *a*. Ma qualora si riempisse d'acqua quel vaso, i raggi che da *m* si portano ad *ii*, venendo rifratti al loro uscire dall'acqua, renderebbero visibile l'immagine del corpo come se esso fosse collocato in *n*, cioè in una posizione più alta. E perciò vuolsi avvertire che in generale gli oggetti che si trovano in acqua, i pesci, le pietre o altro sembra sieno più prossimi alla sua superficie di quello che sono realmente. Esaminiamo ora coll'aiuto della figura 145 più accuratamente i fenomeni della rifrazione, *ln* è un raggio luminoso che cade sopra una superficie di acqua. La perpendicolare *p n* è come il filo a piombo e l'angolo *i* è *l'angolo d'incidenza; ns* è il raggio rifratto, ed *r l'angolo di rifrazione.* Tutte queste linee si trovano sul medesimo piano e fra i due angoli vi è per tutte le materie rifrangenti la luce una corrispondenza normale. Se il raggio entra in una materia più densa, qual sarebbe, p. e., dall'aria nell'acqua, il suo prolungamento si accosta al prolungamento *nq* della perpendicolare. Se invece dal punto *s* uscisse un raggio luminoso, per passare in un mezzo meno denso, esso verrebbe allontanato da quella perpendicolare *np*. Quanto più piccolo è l'angolo *i* tanto è altresì

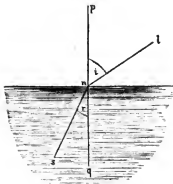



Fig. 144.

Fig. 145.

minore l'angolo di rifrazione r; ond'è che nei raggi verticali il primo essendo nullo, perciò non vi è refrazione. A conferma di queste asserzioni ci serviremo del recipiente emiciclico delineato nella fig. 146, la cui parete anteriore *a b* fatta di vetro è inverniciata in nero, tranne uno stretto pertugio che ha nel suo mezzo. Il vaso non è occupato da acqua se non fino alla sua metà. Si faccia entrare per la fessura un raggio luminoso, p. e., in direzione del n. 60 e si vedrà, che la sua parte superiore decorre immutata lungo la propria direzione rettilinea; l'inferiore all'incontro che entra nell'acqua si rifrange e prende la direzione verso il n. 40. La graduazione mostra adunque in questo caso un rifrangimento del raggio di ben 20 gradi.

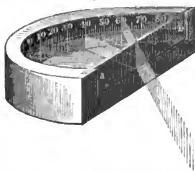



Fig. 146.

169. — Quando un raggio luminoso passa attraverso un corpo di mediocre densità e che abbia le due superficie parallele, non soffre che una rifrazione impercettibile, come lo mostrano le nostre finestre, a traverso le cui lastre i raggi appaiono precisamente al posto in cui realmente si trovano: e ciò dipende evidentemente dall'essere i raggi *emergenti*, ossia quelli che escon dal vetro, paralleli ai raggi *incidenti*. — Ma per contrario i raggi si comportano in modo affatto diverso allorchè le superficie dei corpi per le quali essi passano non sono parallele. Per fare esperimenti di codesta natura si adoperano sempre dischi di vetro con superficie curve, o da ambedue le parti, o da una sola, che si appellano *lenti* perchè rassomigliano colla loro forma a questi semi; e l'uso loro è divenuto indispensabile per la costruzione degli apparecchi d'ingrandimento e di ravvicinamento.

170. — Allo stesso modo degli specchi, le lenti si distinguono in quelle che raccolgono i raggi, e in quelle che li disperdono; le prime chiamansi *collettive* o *convergenti*, ed hanno la maggior loro grossezza nel mezzo; le seconde diconsi *dispersive* o *divergenti*, e la loro maggior grossezza è sui margini.

Le convergenti possono essere o *bi-convesse*, o *piano-convesse*, o *concavo-convesse*, ma la diversità della forma non altera quasi mai i fenomeni essenziali che esse producono.

In queste lenti, come negli specchi, havvi un punto collocato nel mezzo, dove le due superficie possono considerarsi come parallele l'una all'altra, e un tal punto chiamasi il *centro ottico*. La linea che ivi attraversa perpendicolarmente le due superficie dicesi *asse della lente*, nel quale passa il *centro geometrico* di quella sfera di cui la lente rappresenta un segmento; e trovasi inoltre il *foco* o punto di riunione dei raggi.

Per rinvenire sperimentalmente questo punto e l'esatto campo focale d'una lente biconvessa, basta tenerla contro al sole in modo che i raggi vengano a percuoterla il più che sia possibile in direzione perpendicolare. Si scorge allora formarsi dietro al vetro un anello luminoso che può raccogliersi, per cagion d'esempio, sovra un foglio di carta. Questo anello s'ingrandirà o si ristringerà a misura che si avvicina o si allontana la carta, e ad una data distanza si presenterà piccolissimo con una luce abbagliante e considerevol calore. Quello è il punto focale cercato, nel quale si sono concentrati non solo i raggi luminosi, ma altresì i calorifici per guisa da sviluppare un tale aumento di temperatura che è sufficiente ad abbruciare la carta od altra materia secca. Epperciò alle lenti bi-convesse fu anche dato il nome di *ustorie*.

Se, procedendo negli sperimenti, noi collochiamo un oggetto luminoso, come sarebbe una candela accesa, successivamente in diversi punti rispetto all'asse della lente, ecco che cosa accade:

Finchè la candela sta entro la distanza focale, ne vedremo l'immagine diritta, sul medesimo lato della lente, e tanto più grande quanto la candela più si avvicina al punto focale.

Se la collocheremo in questo stesso punto, non vedremo più la sua immagine, e tutto ciò che ancora potremo vederne consisterà in un debol chiarore a grande distanza.

Se alla candela daremo un posto fuori della distanza focale, la sua immagine ci apparirà di nuovo, ma rovesciata e come librata sull'opposta faccia della lente. Quanto più la candela sarà vicina al foco, tanto più grande vedremo l'immagine, e viceversa.

La fig. 147 ci mostra una lente *V W* ed un oggetto *A B* posto fra essa e il suo punto focale *F*. Il raggio *A c* che dal punto *A* va parallelo all'asse, viene riverberato al punto focale *F*. Quello che da *A* è diretto pel centro ottico della lente trapassa non interrotto: prolungati i due raggi si incontrano in *a'* dove il punto *A* dell'oggetto si rende visibile all'occhio come situato al di qua della lente. Nello stesso modo ha luogo il fenomeno, per ciò che riguarda il punto *B*, e così si ottiene l'immagine ingrandita *a b*.

Se all'incontro l'oggetto si trova, come nella figura 148, al di là del punto F, si ha dall'altra parte della lente non solo un ingrandimento dell'oggetto stesso, ma sì anche il rovesciamento della

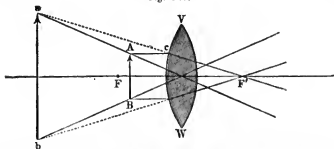
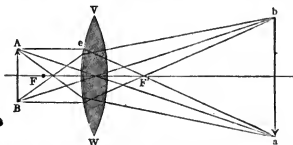
Fig. 147.

sua immagine fisica, la quale si può in simil guisa ottener dipinta sopra una carta o una bianca parete. Per li oggetti lontani si ha

Fig. 148.

con queste lenti un'immagine impicciolita e rovescia, la quale, ad immensa distanza, potrebbe coincidere nello spazio focale, come avviene appunto dell'immagine del sole.

171. — Le lenti dispersive sono o scavate da ambe le faccie, e diconsi *bi-concave*, o *piano-concave*, o *convesso-concave;* quando hanno quest'ultima forma chiamansi comunemente *menischi*.

Fig. 149.

La fig. 149 offre l'immagine d'una lente bi-concava. Le sue proprietà sono essenzialmente diverse da quelle della lente convessa, perchè tutti i

raggi paralleli all'asse che le cadono sopra vengono rifratti in guisa che nell'uscire *divergono* come se provenissero dal punto *F*.

Qundi i raggi se arrivano convergenti sopra la lente concava, o ne escono tutti paralleli, come nella fig. 149; ovvero se prima convergevano soltanto in piccolo grado, come nella fig. 150, divergono nell'uscirne. Per questa particolarità le dette lenti furono

Fig. 150.

dette appunto *di dispersione;* e gli oggetti osservati col loro mezzo appaiono impiccioliti, come si vedessero in lontananza.

172. — Il poco che finora abbiamo accennato basterà a chiarirci come le lenti siano stromenti di singolare importanza.

Prese anche isolatamente esse costituiscono la forma più semplice dei mezzi d'ingrandimento, allorchè sono convesse, e si adoperano per occhiali, o per lavori sottili, quali sono quelli degli orefici, orologiai, intagliatori di modelli, incisori in rame, ecc.; e più ancora pei botanici ed anatomici.

Ma quando si faccia uso dell'appropriata unione di lenti diverse ne risultano preziosissimi stromenti di ottica, dalla composizione de' quali ottiensi in generale lo scopo che i raggi luminosi uscenti da un oggetto che si sta osservando a traverso una lente, che è detta *obbiettiva* (perchè è sempre volta direttamente all'oggetto), si riuniscano in una immagine ingrandita da una seconda lente detta *oculare* (perchè le si applica l'occhio dell'osservatore).

Fig. 152

Per l'esame di oggetti assai piccoli e minuti collocati a breve distanza si adopera il *microscopio* di cui la fig. 151 offre l'esterna forma, e la fig. 152 porge la interna disposizione. In questa, *a b* è la lente obbiettiva; *s r* l'oggetto; *S R* la sua immagine ingrandita; *d c* l'oculare; *R' S'* l'oggetto una seconda volta ingrandito. I soli oggetti diafani sono suscettivi di forti ingrandi-

menti, ponendoli sopra una lastrina di vetro del porta-oggetti *p* e illuminandoli per di sotto con uno specchio *S*. Per determinare gli ingrandimenti si usa sempre la misura lineare. Siccome negli

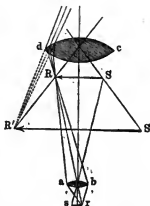
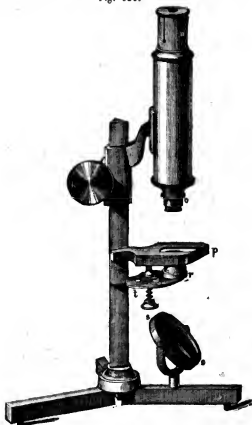
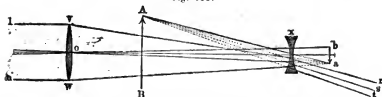



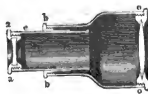
Fig. 151.

ingrandimenti maggiori la forza luminosa dell'immagine diminuisce, ne risulta che i fortissimi di 600—700 diametri non sono sempre quelli che dieno le immagini più chiare; così che per la maggior parte delle osservazioni microscopiche bastano gl'ingrandimenti da 200—300 diametri. Col soccorso di questi stromenti si è riuscito a scoprire mondi interi di piccoli animali, la cui esistenza era prima ignorata del tutto, e la struttura intima ed elementare dei tessuti delle piante e degli animali più cospicui.

173. — Ma non soltanto per gli oggetti vicini si è armato di lenti l'occhio dell'uomo, sì ancora per le distanze smisurate negli spazi del cielo. Gli stromenti destinati a quest'uso sono detti *telescopii*, de' quali si hanno forme e composizioni diverse. I più antichi e più semplici, detti cannocchiali d'*Olanda* o di *Galileo*, sono formati da due sole lenti; l'una convergente obbiettiva, l'altra oculare divergente, fissate alle due estremità di un

Fig. 153.

tubo, disposto in guisa da poter essere raccorciato o allungato, secondo si voglia aumentare o diminuire la distanza delle due lenti (fig. 153).

Supponiamo la lente obbiettiva rappresentata da *V W*, e la oculare da *X*; se l'immagine d'un oggetto lontano dovesse formarsi dai raggi attraverso alla prima soltanto, si avrebbe questa in *b a* rovesciata, reale, e più piccola; ma i raggi nell'attraversare l'oculare *X* si rifrangono allontanandosi rispettivamente dagli assi secondari che corrispondono ai punti *b* e *a* dell'immagine; per conseguenza prolungandosi in senso contrario concorrono sopra questi assi in *A* e in *B*, e l'occhio, ricevendoli, vede in *A B* un'immagine ingrandita di *a b*, ma capovolta rispetto ad *a b*, e quindi rimessa nella sua diritta e natural posizione.

Una simigliante disposizione serve per costruire *binocoli* o *canocchiali da teatro* che son formati da due sole lenti (fig. 154), cioè d'una obbiettiva convergente *oo*, e di un oculare divergente *aa*, collocate all'estremità di due tubi *c* e *b* l'un dei quali *c* scorre entro all'altro. Il canocchiale da teatro non differisce perciò dal Gallileano se uno per essere doppio allo scopo di formar un'immagine in ciascuno degli occhi, per lo che la chiarezza ne viene aumentata.

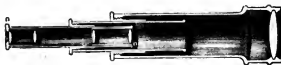
Fig. 154.

I *telescopi* detti anche *canocchiali astronomici di Keplero*,

sebbene rassomiglino al canocchiale di Galileo in quanto essenzialmente constano di due lenti, tuttavia ne diversificano in ciò che l'oculare non è divergente ma convergente come l'obbiettiva. Nella fig. 155, VW rappresenta quest'ultima, xy la prima. Le lunghezze focali delle due lenti coincidono nel loro punto focale, e

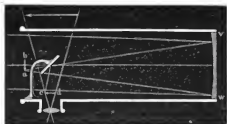
Fig. 155.

formano una linea retta. Da ciò viene che in ba si presenta l'immagine capovolta d'un oggetto assai lontano, e l'occhio dell'osservatore posto innanzi alla lente xy vede quell'immagine ingrandita in BA in quanto ella ha preso il suo posto sulla lunghezza focale di xy. Quando si rivolge il canocchiale ad un astro qualsiasi che è sempre a sì enorme lontananza, la immagine di esso, sebbene guardata attraverso a lenti atte a produrre ingrandimento, ben lungi dall'esser maggiore del vero è incomparabilmente più piccola come ben si può immaginare. Inoltre quell'immagine aerea è sempre capovolta, ma ciò a nulla monta finchè si tratta di osservazioni astronomiche, essendo indifferente che la luna o un pianeta presenti in alto od in basso le sue macchie o i suoi rilievi.

Un tale travolgimento invece riuscirebbe inopportuno nell'esame di oggetti terrestri, e perciò quando si tratti di adoperare a tale uopo un telescopio, basta introdurre fra la prima e la seconda lente una terza la quale produca un'immagine aerea della prima immagine aerea; se questa era capovolta rispetto all'oggetto, l'altra

Fig. 156.

nuova immagine risulterà capovolta rispetto ad essa, e quindi l'oggetto si vedrà nella sua natural posizione. Ciò si eseguisce scambiando ordinariamente, con un sistema di lenti, l'oculare ne' canocchiali *terrestri* (fig. 156).

Finalmente possediamo eziandio il telescopio a *specchio* o *catottrico* o di *riflessione*, composto come si vede nella fig. 157, d'un

Fig. 157.

grande specchio concavo VW inserto in un tubo corrispondente, il quale raccoglie i raggi luminosi che pervengono da un oggetto lontano e che forma l'immagine ab. Come ivi si rileva un piccolo specchio applicato al tubo rimanda questi raggi da un lato per guisa che se ne forma l'immagine fisica cd, la qual poi si osserva con un oculare atto a ingrandirla.

A questi stromenti siamo debitori di quanto sappiamo intorno alla meravigliosa struttura della superficie della Luna, dei satelliti di Giove, dell'anello di Saturno, e di molte altre scoperte astronomiche. Nè meno importante è il loro uso per quelle operazioni che riguardano la misura della terra, cosicchè essi divennero oggetti indispensabili per gli ingegneri, gli agrimensori, i naviganti, i condottieri d'eserciti, ecc.

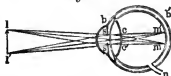
Una speciale importanza acquistò in questi ultimi tempi per la fotografia la *camera oscura*, inventata sin dal 1560 dal fisico napoletano Dalla-Porta. È dessa come indica il suo nome un recipiente oscuro, in cui l'immagine fisica d'un oggetto, raccolta da una lente convessa, resta dipinta co'suoi naturali colori o, come dicesi, *fotografata* (disegnata *dalla luce*) in dimensioni ridotte e capovolte sopra una lamina accomodata a quest'uso. Se l'oggetto è assai illuminato da una lente raccoglitrice, l'immagine può essere enormemente ingrandita e rimandata contro una parete. A ciò si adopera quello stromento che ebbe il nome di *lanterna magica* e che fu in Roma immaginato la prima volta dal P. Kirker nel 1680. Meglio ancora lo scopo si ottiene col *microscopio solare*, mercè cui si possono osservare curiosissimi fenomeni, quali la circolazione del sangue nelle zampe d'una rana, la cristallizzazione dei sali, e gl'innumerevoli animaletti che popolano i diversi liquidi.

L'arte di levigare lenti di vetro venne da prima introdotta in Olanda, e quasi unicamente allora per occhiali, finchè alla fine del XVII secolo Leuwenhoek inventò il microscopio, dopo che Galileo avea già trovato il telescopio. Questi due stromenti ebbero in progresso, e sovratutto in quest'ultimi tempi, molti perfezionamenti notevoli il primo da Brewster, da Amici, da Chevalier, da Nachet e da altri, l'ultimo in ispecie dal Keplero, da Newton, da Herschell Fraunhofer, ecc.

174. Della vista — In nessuno dei nostri organi sensorii appare così manifesta l'importanza d'ogni singola parte come nella struttura dell'occhio. Esso invero non è ad ultimo che un semplice apparecchio ottico, conformato allo scopo di presentare al nostro spirito le immagini degli oggetti, e farcene conoscere la figura e il coloramento.

Per distinguerne le diverse parti costituenti e aver concetto del loro insieme gioverà sottomettere ad accurato esame l'occhio d'un bue. Se da questo specialmente noi estrarremo quel corpicciuolo gelatinoso che appellasi *lente cristallina*, si vedrà di leggieri come essa si comporti allo stesso modo come farebbe una lente convessa ben levigata di vetro.

Il globo dell'occhio (fig. 158) si presenta al fisico sotto l'aspetto d'una camera oscura, chiusa da membrane, rotonda e tappozzata

Fig. 158.

internamente di nero, ripiena di sostanza gelatinosa perfettamente translucida denominata *corpo vitreo*.

La parte anteriore della membrana contentiva e limitante dell'occhio, la così detta *cornea*, è trasparente essa pure, e forma coll'umore acqueo che le sta di dietro, la così detta *camera anteriore b*. Dietro la cornea esiste l'iride che è un tramezzo anulare, opaco, colorato, aderente nella sua esterna circonferenza, e libero nel centro, ove scorgesi l'apertura rotonda *s s* denominata la *pupilla*, a traverso la quale passano e giungono alle parti interne dell'occhio i raggi luminosi d'un oggetto esterno, quale per es. sarebbe *l l'*. Questi raggi soffrono per mezzo della *lente cristallina c c'* una rifrazione tale che sulla parete posteriore, formata dalla

retina m m' si fissa l'immagine dell'oggetto, la quale per opera del nervo ottico *n* vien poi trasmessa al cervello.

I raggi luminosi che partono dall'oggetto *l l'* sono prima rifratti dalla sostanza liquida trasparente che riempie la camera anteriore convessa *b* e successivamente anche dalla lente cristallina *c c'*, ond'è che fra *m' m* si forma una piccola imagine dell'oggetto medesimo.

Che ciò abbia luogo realmente si dimostra pure coll'osservare un occhio di bue, a cui sia praticata una piccola apertura *b* (fig. 159) sulla *sclerotica*. Si tenga davanti alla pupilla di quest'occhio un oggetto, quale sarebbe una candela accesa, e si guardi dentro all'occhio in direzione *a*: si vedrà nella parete posteriore una piccola immagine della candela in esso dipinta.

È provato pertanto che noi riceviamo sulla retina di tutti gli oggetti che ci si offrono innanzi una immagine *rovesciata*, la quale presenta il punto *l* in *m* (figura 158), il punto *l'* in *m'*, come si rivela nell'esperimento fatto guardando nell'occhio del bue. Ma siccome sin dalla prima infanzia noi prendiam cognizione degli oggetti contemporaneamente mercè il senso della vista e quello del tatto, ne avviene che le percezioni dell'occhio vengono tosto corrette, e le immagini restano a così dire raddrizzate dal tatto medesimo. Che infatti noi riceviamo la percezione della retta e reale posizione degli oggetti mediante il toccamento ed i movimenti del nostro corpo da luogo a luogo, e che a questo stesso mezzo sia dovuta la cognizione delle distanze, ce ne dà fede il caso dei bambini e dei ciechi nati, dai quali soltanto più tardi viene acquistata la facoltà d'una veduta distinta e precisa.

Fig. 159.

175. — Chi legge un libro, lo tiene ad una certa lontananza dall'occhio, che gli permetta di discernere chiaramente le lettere. Si chiama questa la *distanza visuale*, la quale nell'occhio sano si computa di 8-10 pollici, ossia di 22-28 centimetri. A questa distanza ogni singola lettera forma la propria immagine chiara e netta sulla retina, perchè, come si è dimostrato colla fig. 158, i raggi che partono dall'oggetto *l l'*, sono di tal modo rifratti nell'occhio che si riuniscono sulla retina, ed ivi stampano quel-

l'immagine distinta. Si tenga ora per guida la stessa figura, e si avvicini l'oggetto. I raggi che partiranno da esso saranno allora tanto divergenti, da non poter essere bastevolmente rifratti negli umori dell'occhio, e quindi incapaci di portare sulla retina un'immagine precisa. Perciocchè questa immagine non si forma se non dietro la retina, e su di questa non si stampa che una immagine *indistinta*. (V. fig. 160). Si allontani invece l'oggetto *l l'* oltre la distanza visuale, e si avrà una convergenza dei raggi di troppo anteriore alla retina perchè l'immagine possa mai risultare distinta.

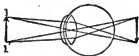
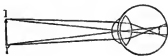



Fig. 160. Fig. 161.

(V. fig. 161). Dovremmo concludere pertanto, che qualsiasi oggetto il quale si presenti al nostro sguardo troppo da vicino, o troppo lontano dal limite comportato dalla distanza visuale, abbia ad esser visto confusamente. Ma negli occhi sani il caso non è quale a primo aspetto apparirebbe. Per contrario essi vedono gli oggetti portati a distanza, con perfetta chiarezza, come altresì quelli che loro s'accostano fino ad una certa misura. Locchè deriva dal non essere assolutamente immutabile la parte rifrangente dell'occhio che consiste nella camera anteriore e nella lente cristallina; essa invece fu fatta con tale accorgimento che potesse rendersi atta ad accomodarsi secondo il bisogno alla vista delle cose lontane e delle vicine. — Se infatti nella visione degli oggetti prossimi la camera anteriore si rialza in una maggiore convessità, acquista naturalmente una forza rifrangente maggiore, e l'immagine può quindi essere portata sulla retina. Se nel guardare in lontananza essa s'appiana, resta diminuita quella refrangibilità, e di conseguenza ritardata anche l'unione dei raggi su quella membrana.

Questa proprietà di assestarsi alle varie distanze si chiama *accomodamento* dell'occhio.

Però non tutti gli occhi possedono la facoltà di vedere da lontano. Oltre alla influenza della ingenita disposizione delle parti, quale sarebbe una eccessiva convessità della cornea o della lente cristallina, è da notare che un occhio abituato continuamente a guardar da vicino, specialmente in gioventù, acquista una soverchia convessità *permanente*, e perde l'attitudine a vedere le cose

lontane, delle quali non può aver che una immagine confusa. Questa specie di difetto costituisce ciò che dicesi *occhio miope*. — S'appella *presbite* quando invece è incapace di formarsi una chiara immagine degli oggetti più vicini della ordinaria visuale distanza di 8-10 pollici, e ciò per la poca convergenza che i raggi acquistano in esso. Quindi il difetto dei miopi dipende dal soverchio rifrangimento de' raggi luminosi, mentre quello dei presbiti è la conseguenza d'una rifrangibilità insufficiente. Le due imperfezioni si possono correggere coll'arte mediante il soccorso di lenti corrispondenti al bisogno: cioè con le convesse, o colle concave.

176. — Gli *occhiali* non sono adunque se non aiuti fisici per determinare una giusta rifrazione dei raggi, quale si richiede a condurre sulla retina una immagine distinta.

Nella figura 162 è rappresentato un occhio presbite, e nella fig. 163 uno miope, nessuno dei quali percepisce una immagine

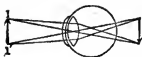



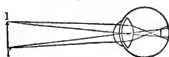
Fig. 162. Fig. 163.

chiara da' rispettivi oggetti *l l'*, stantechè nel primo essa si forma al di là della retina, e nel secondo prima di giungere a questa. Armiamo ora questi due occhi delle lenti appropriate *m* ed *n* (fig. 164-165), e mentre la convessa *m* compartirà all'occhio pres-

Fig. 164. Fig. 165.

bite una maggior rifrangibilità, e la concava sottrarrà alquanto alla soverchia del miope, i raggi luminosi emanati dall'oggetto si raccoglieranno sulle due retine in forma di chiare e distinte immagini. È cosa naturale che si dovranno poi proporzionare i gradi di acutezza delle lenti ai gradi dei due difetti. La più perfetta visione cogli occhiali si ottiene quando l'occhio guarda nella direzione degli assi delle lenti, invece è sempre più o meno imperfetta se guarda più o men obliquamente. Perciò le persone che adoperano occhiali volgono di solito il capo per vedere oggetti,

pei quali basta girar l'occhio a coloro che non hanno bisogno di quell'aiuto.

La *cecità* può derivare da paralisi del nervo ottico ed è conosciuta allora sotto il nome di *gotta serena*, di *cataratta nera* (amaurosi); ma può essere anche la conseguenza d'intorbidamento della lente cristallina (*cataratta grigia*). La guarigione possibile in questo caso si ottiene soltanto col mezzo d'una dilicata operazione, mediante la quale forando l'occhio in un punto, si allontana il corpo della lente, estraendolo a traverso della pupilla, o spostandolo dal campo pupillare, ed infossandolo in modo che più non metta ostacolo al passaggio de' raggi luminosi. Ma affinchè l'occhio possa allora riacquistare la sufficiente forza di rifrazione, è mestieri armarlo d'una lente fortemente raccoglitrice (convessa).

Gli occhi degli animali più compiutamente organati, quali sono i mammiferi, gli uccelli, i rettili e i pesci, concordano tutti nella forma e costruzione coll'occhio umano. I meno perfetti animali o mancano totalmente di occhi, ovvero li hanno di composizione diversa e speciale (fig. 166). Sopra una retina emisferica fg si trovano stratificati de' piccoli coni çavi in gran numero ($abcd$), a traverso i quali e da punti diversi d'un oggetto partono raggi luminosi che arrivano sulla retina. Questi animali non possono vedere che oggetti vicini, i quali si rappresentano alla loro vista come accadrebbe a noi, se guardassimo a traverso d'una maglia di filo metallico. Ogni piccolo cono è coperto superiormente da una pellicola diafana, cosicchè ciascun loro occhio è un aggregato di molte piccole semisfere cave, fornite di minute faccette, il cui numero ascende da 12-20000. Tutti gl'insetti, come p. e. le nostre mosche comuni, possiedono occhi di questa fatta; alcuni però oltre a questi occhi faccettati van forniti anche d'occhi lenticolari, come osservasi per cagion d'esempio negli aracnidi.

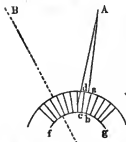



Fig. 166.

177. Angolo visuale: grandezza apparente e reale.— Riassumendo le cose fin qui dette, si rileva pertanto, che da tutti gli oggetti, de' quali abbiamo visione, pervengono all'occhio dei raggi luminosi, i quali generano sulla retina una immagine, che trasportata dal nervo ottico al nostro sensorio, imprime in esso l'idea della grandezza dell'oggetto proporzionata alla grandezza della

immagine stessa. Supponiamo, come nella fig. 167, tirate dalle due estremità a b d'un'immagine retinica, due linee verso i punti corrispondenti dell'oggetto; queste incrociandosi prima formeranno l'*angolo visuale*, la cui grandezza sarà dipendente da quella dell'immagine anzidetta; o in altri termini la grandezza d'un oggetto sarà espressa da quella dell'angolo sotto il quale esso si rappresenta. Quanto questo è maggiore, tanto più grande è raffigurato l'oggetto. E tale è infatti la regola costante e generale.

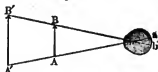
Fig. 167.

La grandezza di quest'angolo dipende tuttavia da due circostanze: cioè dalla reale grandezza dell'oggetto, e dalla sua distanza. Intorno a quest'ultima vale come legge, che dentro a certi limiti la grandezza dell'angolo visuale sotto il quale si percepisce un oggetto decresce in proporzione diretta della distanza del medesimo epperciò esso ad una distanza doppia o tripla, si raffigura alla nostra vista come grande la metà, il terzo di quello che ci appariva ad una distanza come uno.

Deriva da questo la spiegazione del fatto che in due file parallele di piante o di case, le più lontane si scorgono sempre più ravvicinarsi fra loro, perchè il reciproco loro intervallo si dipinge ai nostri occhi sotto un angolo più acuto. Molte illusioni non hanno appunto altra origine che la sovrindicata e non vengono corrette se non dall'uso e dall'esercizio che a poco a poco c'insegna ad apprezzare il reale volume d'un corpo già conosciuto anche senza aver riguardo alla sua apparente grandezza percepita a distanza. All'alba, quando i contorni degli oggetti appaiono sfumati, accade soventi di scambiare un campanile lontano od un albero con una figura di uomo vicino, o viceversa, perchè l'angolo visuale dell'oggetto alto e lontano può essere uguale a quello di uno più basso e più prossimo.

Quindi derivano due corollari, la cui applicazione ha una grande importanza specialmente nella Astronomia, cioè: 1° Data la apparente grandezza e la distanza d'un corpo, si può dedurne la sua vera grandezza. 2° Determinate che sieno la grandezza reale e la apparente d'un corpo, si può determinarne altresì la distanza.

178. — Siccome anche con un occhio solo noi possiamo percepire tutti gli accennati fenomeni, si dovrebbe concludere che con due occhi dovremmo veder doppio. Sta infatti che in ognuno dei medesimi si dipinge una immagine dell'oggetto, e se non lo ve-

diamo doppio, dipende da ciò che lo *fissiamo* attentamente. Allora gli assi dei due occhi sono diretti ambidue sopra di esso; e le immagini generate sulle due retine cadono sovra *punti omologhi* di esse e si convertono in una immagine sola. Se per contro guardiamo un oggetto senza fissarlo, noi lo percepiamo assolutamente doppio.

È da osservarsi oltrecciò, che stante la reciproca distanza, l'occhio sinistro acquista l'idea di un oggetto che contempla, corrispondentemente al suo punto di vista, e perciò alquanto diversa da quella dell'occhio destro. Infatti noi vediamo un corpo nel tempo stesso da due punti diversi, ed è appunto per ciò che acquistiamo l'idea della solidità corporea, perchè partendo da più superficie piane, si produce una impressione plastica. Un disegno che si vede sempre soltanto da un punto di vista, non può sopra di noi far mai l'effetto d'una cosa solida, ed è sola la nostra fantasia che ci somministra l'impressione in rilievo delle pitture architettoniche e di paesaggio. Ma se noi faremo di un solo corpo due disegni che corrispondano ciascuno ad un occhio; se con un accomodato apparecchio ottico, che denominiamo ora *stereoscopio*, facciamo pervenire simultanee sulle identiche località della retina le immagini dei due disegni, queste si riuniscono in una immagine corporea o stereoscopica, che ci rappresenta a perfezione l'effetto di un corpo in rilievo. — Allorquando invece di vedere una sola immagine, gli occhi ne rappresentano due, per effetto di qualche disuguaglianza di questi organi, o per viziatura della lente cristallina, o della retina si ha quel difetto che chiamasi *diplopia*.

179. — La retina ritiene tutte le impressioni luminose con una certa tenacità per un qualche tempo, ed ha bisogno di altre impressioni per cancellare le prime. Di qui proviene il noto fenomeno per cui sembrano formarsi e descriversi nastri continui di fuoco col mezzo d'un tizzone acceso, o tracciarsi una lunga via luminosa dai razzi e dai fuochi d'artificio. Così si spiegano inoltre le graziose apparizioni tanto per la forma che pel colore degli oggetti che si ottengono facendo rotare dei circhi divisi in settori diversamente colorati, nel qual caso i colori si confondono, e danno la sensazione della tinta che risulterebbe dalla lor mescolanza, oppure facendo rotar altri dischi sui quali sieno dipinte alcune parti staccate di figure, le quali nel rapido moto sembrano riunirsi e formare un sol corpo. Esistono molti apparecchi, i cui effetti appunto dipendono dalla persistenza dell'impressione

fatta sulla retina; tali sono il *taumatropio*, il *fenachistoscopio*, la *ruota di Faraday*, il *caleidofono*, dai quali fu tratto eziandio giovamento per dare una razionale spiegazione dei moti ondulatorii (§ 120).

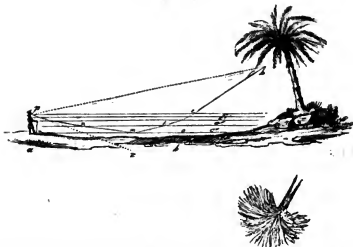
Più sorprendenti ancora sono le secondarie immagini che nascono qualora si guarda con occhio fisso l'oscura imposta d'una finestra contro il cielo chiaro per un tempo un po' lungo, e poi si rivolge lo sguardo altrove, ovvero verso la parete bianca della stanza. Nel primo caso si presenta una copia corrispondente all'oggetto che si è fissato: nel secondo si manifesta sulla parete un cerchio lucido, nel mezzo del quadrato oscuro della finestra, che è quanto dire un'inversione della impressione luminosa. E a questa classe di fatti appartengono pure le interessanti apparenze dei *contrasti dei colori*. Si ponga un piccolo quadrato di carta d'un *rosso spiccato* sopra uno strato bianco, lo si guardi fissamente per qualche tempo, e si rivolga da poi l'occhio allo strato bianco; si vedrà allora stamparsi un quadrato d'eguale grandezza, ma di color *verde*. Per converso il color verde produce immagini rosse, alle violette tengon dietro le gialle, alle bleu le giallo ranciate. Da ciò si spiegano alcuni effetti di colori composti, e quindi la regola pratica, che i contrasti di colore messi dappresso, si rafforzano scambievolmente, e producono impressioni gradevoli.

Chevreul, che fece del *contrasto dei colori* uno studio accurato, trovò che quando sono posti l'uno accanto l'altro il rosso e il ranciato, il rosso tende al violetto, e il ranciato al giallo. Se si fa l'esperimento col rosso e col turchino, il primo volge al giallo, il secondo al verde; col giallo e il turchino, il giallo passa al ranciato ed il turchino all'indaco, e così d'altre combinazioni. Le quali meritano di essere conosciute per apprezzar l'effetto delle tinte da chi specialmente si occupa nella fabbricazione di tessuti, tappeti, ecc.

Siccome poi questi fenomeni anzichè aver la loro causa negli oggetti, sono il prodotto delle intime modificazioni del nostro spirito e del modo particolare con cui esso li percepisce, così furono detti *fenomeni subbiettivi della luce*.

180. Immagini aeree, fata morgana, miraggio. — Col concorso di certe condizioni si producono nella natura delle combinazioni che danno luogo ad una *lucentezza* meravigliosa degli oggetti, i quali come spiegano le denominazioni sopracitate presentano ai viaggiatori le apparenze d'un effetto d'incanto, d'una stregheria.

Affinchè si producano codeste illusioni sono necessarie delle grandi pianure sulle quali si riposi uno strato d'aria straordinariamente tranquillo, per modo che riscaldato e assottigliato successivamente dalla rinnovata azione del sole, si mescoli adagio adagio cogli strati superiori più densi. Dagli oggetti rilevati che si trovano in questi piani arrivano, come nella figura 168, due

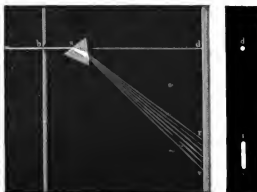
Fig. 168

immagini all'occhio del riguardante, perchè i raggi luminosi sono diretti da *h* verso *p*, mentre un altro raggio *h* soffre nei meno densi strati $cc'c''c'''$ una tale refrazione sembra provenire dalla direzione *z*, ond'egli vede questa seconda ma rovesciata immagine del medesimo oggetto. Fra queste due immagini si trova uno strato di aria, la quale fa l'effetto di dare impressioni di tal sorta che sembrano provenire da una serie d'oggetti, come alberi, colli, campanili, ecc., che si specchiassero in un mare. Com'è facile intendere qui, abbiamo un fenomeno di rifrazione risultante dalla ineguale densità degli strati atmosferici, diversamente dilatati dal calore. Essendo gli inferiori i meno densi pel loro contatto con un suolo infocato, un raggio luminoso che si diriga da un oggetto prominente verso il suolo attraversa strati sempre men rifrangenti, finchè raggiunge quell'angolo che chiamasi *limite* della rifrazione, oltre al quale non vi ha più rifrazione, ma avviene invece la *riflessione totale* della luce. Il raggio allora si rialza, e subisce attraversando l'aria una serie di rifrazioni in

senso contrario alle prime, perchè passa in istrati sempre più rifrangenti; quindi arriva all'occhio dell'osservatore con quella medesima direzione che avrebbe se fosse partito da un oggetto posto al disotto del suolo, e produce un rovescio del medesimo come se fosse stato riflesso dallo specchio d'un'acqua tranquilla.

Codesta illusione si osserva frequente nelle sabbiose pianure egiziane, e cagionano al viaggiatore dolorosi disinganni, in quanto che posto in mezzo a mari di sabbia infuocata spera avere davanti dell'acqua che lo rifocili, che poi sparisce del tutto. Monge fu il primo a darne una scientifica spiegazione.

Sono pure notevoli altre singolari apparenze nei varii effetti di luce che sono proprii dell'atmosfera o dei mari, e di altri luoghi. Si osservano talora dei circoli intorno al sole ed alla luna, come altresì de' soli e delle lune accessorie, quando questi corpi celesti sono guardati a traverso di veli nebulosi sparsi per l'atmosfera. Anche in questo caso la causa deve ricercarsi in parte nelle refrazioni, in parte nella riflessione dei raggi di luce.

181. Colori. — Allorchè noi lasciamo penetrare dalla finestra per un foro *b* (fig. 169, 170) un raggio di luce entro una stanza affatto oscura, per mezzo d'uno specchietto, quel raggio produce

Fig. 169. Fig. 170.

una bianca e rotonda macchia *d* sull'opposta parete. Ponendo ora un prisma triangolare di cristallo *s* dietro il foro anzidetto, quel raggio non sarà soltanto deviato, ma produrrà altresì una imagine allungata, fra *r* e *v* composta di colori meravigliosamente

distribuiti: cioè al dissotto, in *v*, il violetto e sopra di esso il turchino indaco, il bleu, il verde, il giallo, il ranciato, e finalmente il rosso. Sono questi e così distribuiti i colori che vediamo nell'iride, da cui appunto prendono il nome. Nel!a fig. 171 si vede la perfetta immagine de' colori del prisma, che vien detto

Fig. 171.

spettro solare. Il raggio di luce bianca del sole non è dal prisma soltanto rifratto, ma sì anche decomposto in 7 lucidi raggi di colore diverso; e perciò si chiama anche *luce composta*, perchè da quei sette colori costituita. La possibilità di decomporre la luce deriva generalmente da ciò, che ciascuno dei suoi elementi è in diverso grado rifrangibile; imperciocchè se osserviamo soltanto la figura 171, vediamo che il rosso sta più vicino alla immagine bianca senza rifrangersi di quello che faccia il violetto. Quello è adunque meno rifrangibile di questo. La diversa rifrangibilità ha la sua origine, secondo la più probabile dottrina, nella lunghezza differente delle diverse oscillazioni dei raggi semplici, al modo stesso che la diversità dei toni musicali dipende dalla disuguaglianza delle onde sonore.

Se si raccolgono i sette raggi colorati dopo la loro uscita dal prisma col mezzo d'una lente convessa, si vedono nel loro punto focale di nuovo riuniti in una luce bianca. Questa prova si può fare altresì col mezzo d'un esperimento da noi accennato più sopra e che consiste nell'incollar sovra un disco di cartone, cui si dà il nome di *disco di Newton*, dei pezzetti di carta colorata d'uguale grandezza, disposti possibilmente nell'ordine che si vedono nello spettro. Messo quel disco in rapida rotazione si mescolano le impressioni dei colori, e la sua superficie sebben di tinte diverse apparisce bianca.

I corpi bianchi sono quelli perciò che riflettono tutti i raggi luminosi nella loro originaria mescolanza, mentre i neri li assorbono: ma a parlare esattamente, non si conoscono corpi che facciano perfettamente l'una o l'altra di queste operazioni; ed è appunto da ciò che derivano i colori intermedii, come è il passaggio dal bianco per mezzo del grigio in nero.

Vi sono dei corpi tuttavia, le cui molecole sono così fattamente aggregate fra loro, che per una disposizione singolare soltanto alcune oscillazioni delle onde luminose sono ripercosse, altre sono del tutto assorbite. Un corpo rosso, p. e., assorbe tutti i raggi colorati della luce mista che gli cadono sopra, e non rimanda che il rosso. In somigliante maniera si spiegano tutti gli altri colori dei corpi, quali sono il bleu, il verde, il giallo, ecc.

Guardando lo spettro prodotto dalla luce solare (fig. 171) con una accurata attenzione, si scopersero in varii punti delle aree oscure, le così dette *linee di Fraunhofer* di cui le principali sommano al numero di *otto*. Anche altre sorgenti di luce, come sarebbe la fiamma d'una candela, danno col prisma immagini colorite, a cui mancano però le linee del Fraunhofer; e in loro vece si mostrano delle linee particolari, colorite, chiare, dipendenti dalle materie contenute nella fiamma. Se si accende in essa, p. e., della soda si produce in un certo punto dello spettro una striscia gialla d'uno splendore notevole. È degno d'osservazione che anche le più piccole bricciole di alcune sostanze poste nella fiamma bastano a generare siffatte linee tutte speciali nello spettro, per cui questa maniera di manifestarsi si denomina *analisi spettrale*, e perciò utilizzata a riconoscere la presenza di certe sostanze. Fu questo il modo con cui si venne alla scoperta di tre nuovi metalli, rimasti incogniti fino al 1861, quali sono il *cesio* trovato da Bunsen, il *rubidio* da Bunsen e da Kirschhoff, e il *tallio* da U. Croohes, e Lamy.

187. — Alcuni corpi si mostrano coloriti soltanto quando siano guardati in grandi masse, qual sarebbe, p. e., il vetro ed il ghiaccio, i quali mentre in istrati sottili sono scolorati, in più grosse masse appaiono cilestri o verdi. L'aria stessa guardata attraverso gli alti suoi strati presenta un bel colorito azzurro: se dessa non esistesse, lo spazio celeste sarebbe del tutto nero. Infatti osservato nelle più eccelse vette delle montagne il cielo si mostra d'una tinta bleu intensa, perchè sopra di quelle l'atmosfera è più prossima agli spazii eterei, e lascia trasparire la tinta cupa che è propria del firmamento. Anche nella pianura l'aria che sta sopra i nostri capi si mostra d'una tinta azzurra, più carica che non sia quella che sta all'orizzonte, perchè quando guardiamo al di sopra di noi troviamo uno strato d'atmosfera più voluminoso e lontano che non sia quello dell'orizzonte medesimo. Così i monti che son molto discosti assumono la loro particolare tinta turchina dal denso strato d'aria onde sono separati dal nostro sguardo.

I colori rosso e ranciato del cielo che siamo soliti designare coi nomi di rosso *mattutino* e *vespertino* sono da attribuirsi alle vescicole acquee sparse nell'atmosfera, le quali specialmente quando procedono da nebbie che si addensano in un velo vaporoso, hanno la proprietà di lasciar passare soltanto la luce gialla e rossa. Una siffatta trasformazione accade appunto in quelle epoche della giornata.

183. Polarizzazione della luce. — Nella fig. 172 *a b* rappresenta un raggio luminoso che sotto un angolo di 35 gradi cade sopra una lastra di vetro *f g h i* colorita sul di dietro in nero, la quale riflette a guisa di specchio quel raggio nella direzione *b c*. Esso incontra uno specchio totalmente simile, posto parallelo all'altro, e che lo riflette nella direzione *c d* lungo la quale supponiamo collocato l'occhio in *d*. I tre raggi perciò, come vediamo, si trovano in uno e medesimo piano verticale. Si rivolga ora girando lo specchio superiore sulla linea *b c* che rappresenta la direzione del raggio riflesso, e si vedrà che l'angolo fatto dal raggio sulla superficie dello specchio rimane immutato, ma gli specchi non essendo più paralleli non si corrispondono più i loro piani di riflessione. Si tenga d'occhio a ciò che accade sin dal principio del rivolgimento dello specchio al raggio riflesso *cd*, e si scorgerà che la sua forza luminosa a poco a poco decresce, e svanisce del tutto quando lo specchio superiore forma un angolo di 90°; vale a dire quando i piani di riflessione di due specchi diventano rettangoli l'uno sull'altro. Continuando nel rivolgimento, il raggio riflesso *cd* torna a comparire e riprende la sua forza intera quando il rivolgimento segna 180°; nel qual caso i piani di riflessione tornano a corrispondersi.

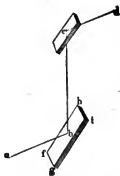



Fig. 172.

Questo fenomeno si ripete nelle successive rotazioni colle medesime leggi, finchè sotto un rivolgimento di 270° i piani di riflessione tornano a incrocicchiarsi ad angolo retto ed il raggio nuovamente dispare. A rotazione compita si ristabilisce la combinazione primitiva.

Dalla riflessione del primo specchio la luce ha sofferto un cangiamento, dopo il quale non viene più riflessa come col primo raggio in ogni arbitraria posizione del secondo specchio; una tale modi-

ficazione prende nome di *polarizzazione*, come si diede quello di *luce polarizzata* alla luce mutata.

È inoltre da osservarsi che la luce non viene polarizzata dagli specchi metallici del pari che da quelli di vetro: invece essa soffre, specialmente se trapassa pel cristallo, una rifrazione, e allo stesso tempo una polarizzazione. A quest'uopo negli esperimenti si fa uso a preferenza di piccole lamine di *tormalina*.

I fenomeni della polarizzazione che pei colori che si producono appartengono ai più dilicati e graziosi della scienza ottica, non potrebbero trovar conveniente descrizione e svolgimento in una opera elementare. Meritavano tuttavia d'essere ricordati perchè nella cristallografia, nella specificazione di certe sostanze, e come mezzo per distinguere la luce primigenia dalla riflessa dei corpi celesti hanno frequenti applicazioni nelle scienze fisiche.

VII.

Magnetismo.

184. — Esiste in parecchi luoghi un minerale di ferro che trovasi abbastanza comunemente diffuso e possede la facoltà di attirare a sè le particelle di ferro le quali aderiscono soltanto a certi punti della sua superficie. Già da tempo antico fu divulgata una tale osservazione, e diedesi il nome di *magnete* (*calamita*) al corpo dotato di una sì fatta proprietà dalla città di *Magnesia*, dove forse abbondava il minerale anzidetto. In Isvezia esso è tanto comune, che viene adoperato appunto per la preparazione del ferro. Nè la sua attrazione si esercita soltanto su questo solo metallo, ma altresì sul nickel, il quale però potendo difficilmente ottenersi nello stato di purezza non viene adoperato come suol farsi quasi esclusivamente del ferro.

185. — La proprietà del *magnete nativo* può essere agevolmente trasmessa all'acciaio, quando questo venga strofinato con esso in certi modi determinati: l'acciaio magnetizzato diventa allora ciò che si chiama una *calamita artificiale*, alla quale come a quella che può foggiarsi a qualsiasi forma ad arbitrio del fabbri-

catore, si ricorre più comunemente per gli esperimenti e le osservazioni su tale argomento, tanto più che le calamite artificiali riescono più potenti delle naturali, e possiedono proprietà affatto identiche. Prendendo pertanto una spranga magnetica per le nostre esperienze, e spargendovi sopra della sabbia o limatura di ferro, vedremo che questa si attaccherà in quantità maggiore alle due estremità della medesima e per nulla nella sua parte media (fig. 173). Quelle due estremità ebbero il nome di *poli magnetici*,

Fig. 173.

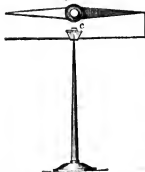
ed i due punti medii mm' costituiscono l'*equatore magnetico*, o la *linea neutra*. Il medesimo fatto si verifica in tutte le calamite così naturali, come artificiali, qualunque sia la loro forma; se non che quelle cui si dà una forma più regolare, hanno i poli alle due estremità opposte, e l'equatore nel mezzo.

Di consueto si usa foggiar le calamite a ferro da cavallo (fig. 174) i cui poli NS sono vicini l'un l'altro, e così con forza unita agiscono sopra un pezzo di ferro sn che si dice generalmente *àncora;* in questa poi si fa un foro nel basso, affinchè possa starvi attaccato un peso. Si ottiene un aumento di forza col combinare insieme parecchi di codesti stromenti calamitati per modo che i loro poli si corrispondano; l'apparecchio chiamasi *fascio*, o *batteria magnetica*, ed è qual ci mostra la figura. Accurate sperienze, hanno posto in chiaro che la attrazione magnetica si esercita anche attraverso la massa di corpi che s'interpongono al ferro, e che la sua azione opera in ragione inversa dei quadrati delle distanze.

Fig. 174.

186. — Allorchè si prenda *un ago magnetizzato* (fig. 175), e lo si accomodi in guisa che possa girare intorno ad un perno verticale, si osserva, che dopo parecchie oscillazioni late-

rali, esso prende una certa direzione particolare, alla quale, sebbene rimosso per qualsiasi causa, esso ritorna costantemente.

Fig. 175.

Esaminando questa direzione si trova che una delle punte dell'ago è voltata verso settentrione o nord, l'altra verso mezzogiorno o sud. E si noti bene che non basta che l'una guardi all'un polo, l'altra all'opposto, ma propriamente l'*una* determinata delle due punte è sempre quella che si volge al nord, e l'*altra* al sud, cosicchè se si tenta di dare all'ago una posizione precisamente contraria a quella che ha preso da sè, vediamo che dopo alcune oscillazioni, esso torna alla primitiva. Le due punte ebbero perciò il nome, l'una di *polo nord o boreale*, l'altra di *polo sud*, od *australe*. Gli artefici per distinguerle a prima vista sogliono brunire la metà boreale dell'ago, lasciando grezza l'altra.

Dell'accennata proprietà dell'ago calamitato, conosciuta in antico dai Cinesi, vuolsi comunemente che il primo a giovarsi per la costruzione della *bussola*, o *compasso di mare* sia stato Flavio Gioia d'Amalfi nel 1302. E incalcolabili sono i servigi resi da codesto stromento come mezzo per determinar le posizioni geografiche così sui mari come nelle grandi pianure, nelle foreste, e sulle montagne.

187. — Qualora si avvicina il polo sud d'un ago magnetico (fig. 175) al *polo sud* d'un altro ago magnetico, si osserva un energico movimento di ripulsione. Se per contrario si avvicina il *polo sud* dell'uno al *polo nord* dell'altro, si mettono il primo e il secondo di contro per guisa che finiscono ambidue per aderire. Ecco pertanto una legge generale. *I poli omonimi della calamita si respingono, gli opposti si attraggono,*

188. — Se si abbiano due calamite diritte uguali in lunghezza e di forza uguale e si sovrappongano l'una all'altra in maniera che i loro poli omonimi si trovino dalla stessa parte, ne risulterà una calamita più vigorosa, e fin qui nulla è di strano. — Ma se si rovesci la posizione d'una delle due calamite in guisa che il suo polo nord riesca da quella parte ove l'altra ha il polo sud, la doppia calamita perderà ogni vigore, e non sarà più capace di sostenere il ferro che prima avea attratto. Se invece si disporrà

l'una delle calamite in modo che la loro forza magnetica sia disuguale, l'attrazione avrà luogo, ma indebolita e minor di quella che ottenevasi con una di esse.

Parimenti due aghi magnetici di ugual forza congiunti per un asse comune co' loro poli opposti, perdono la propria forza direttiva, ovvero l'avranno scemata se erano di ineguale vigore. — Da queste sperienze si scorge che in ogni calamita operano due forze contrarie, che sono come le quantità *positiva*, la *negativa* in aritmetica.

Più maraviglioso ancora riesce l'esperimento che segue. Se un sottile ago d'ucciaio magnetizzato in modo, che alle sue due estremità s'attacchi la sabbia metallica, venga spezzato in due metà, ciascuna di queste diventa alla sua volta un ago magnetico perfettamente bipolare; e nel modo stesso si comporteranno tutte le suddivisioni che si facessero di ciascuna delle due metà anzidette. Locchè vuole significare che la proprietà magnetica della calamita è insita in ognuna delle sue particelle quantunque non si riveli operosa che a poli, e quindi da ciò si deduce che ci sarebbe impossibile ottenere isolata la forza positiva o la negativa, perchè dovremmo, per ottener ciò, divider le stesse molecole dei corpi magnetici.

Attaccando ad un polo d'una calamita un pezzetto di ferro, questo medesimo assume qualità magnetiche, per le quali alla sua estremità non solo attrae i minuzzoli di ferro, ma sì anche può sostenere un secondo pezzetto; e questo un terzo, e così di seguito fino a formarsene una catena. Il primo ha dunque trasmesso la propria facoltà agli altri, ma in ciò effettuare esso a poco a poco ha perduto della propria, cosicchè la catena finisce collo staccarsi; locchè prova che il ferro non è magnetizzato se non di passaggio, e perciò in questo caso ha il nome di *calamita temporaria*.

189. — Dagli accennati sperimenti i fisici tentarono di scoprire l'essenza del magnetismo, ed ammisero che ogni piccola particella di ferro che ha due poli magnetici sia una piccola calamita, come accennammo più sopra, che quindi ogni pezzo di ferro altro non sia che l'aggregato di un gran numero di queste calamite minute, le quali non possono esternare la loro attività magnetica per ciò solo che si toccano coi loro poli opposti e si elidono scambievolmente; che infine si trovino collocate le une rispetto alle altre come gli scacchi neri e bianchi d'una scacchiera, i quali rappresentano i poli nord e sud tanto regolarmente, che nessuno predomina col proprio colore.

Se adunque, come è espresso qui sopra, al polo sud d'una calamita si prende un pezzetto di ferro, tutte le piccole calamite di cui esso è composto assumono una direzione determinata, per l'attrazione dei poli nord, e per la ripulsione avvenuta dei poli sud. La disposizione dei medesimi corrisponde alla figura 176, in cui

Fig. 176.

tutti gli scacchi bianchi che rappresentano i poli sud si trovano a sinistra, i neri o poli nord a destra, per guisa che le loro forze appariscono sommate insieme e attive alle due estremità. Sottraendo il pezzo di ferro dall'influsso della calamita, si ricompone novellamente per la ripulsione reciproca, il polo omonimo nella posizione primitiva della piccola calamita, e la sua azione resta abolita.

190. — Quantunque ferro ed acciaio sieno corpi della stessa natura, hanno però un diverso modo di comportarsi rispetto al magnetismo. Dietro le nostre premesse tanto l'uno che l'altro sono aggregati di piccole calamite: ma nel ferro si nota una grande facilità ad essere attratto, e nel tempo stesso un passaggero invertimento dei poli delle sue molecole col semplice avvicinamento d'un magnete, dal quale come è potentemente influenzato, così l'azione da esso trasmessagli si estingue egualmente sollecita.

Sull'acciaio, stante la sua resistenza maggiore al dislocamento, de' poli omologhi, l'attrazione della calamita si fa sentire con minor prontezza. Ma invece riesce più facile di mantenere più a lungo questa disposizione di molecole e quindi di convertirlo in una calamita perfetta.

A ciò conseguire possono adoperarsi tre metodi che sono quello del *contatto semplice*, del *contatto separato*, e del *doppio contatto*. Qualunque però si prescelga, conviene avvertire che la potenza magnetica che può esser acquistata dall'acciaio ha sempre un *limite di saturazione*, dipendente sia dalla tempera di esso, sia dalla forza delle calamite, oltre il quale non può essere spinta.

Il metodo del semplice contatto consiste nel far scorrere il polo d'una forte calamita da un capo all'altro della spranga d'acciaio, ripetendo parecchie volte lo strofinamento nell'istesso verso. Con tal metodo però non si ottengono che deboli effetti.

Il contatto separato consiste nel collocare i due poli opposti di due calamite d'ugual forza nel mezzo della spranga che vuolsi magnetizzare, e nel farli simultaneamente scorrere, l'uno verso un capo, l'altro verso l'altro della spranga tenendoli verticali, e ripetendo più volte la stessa operazione.

Nel doppio contatto, invece di far scorrere le due calamite in direzioni contrarie, dal mezzo della spranga ai due capi, tengonsi ad una distanza fissa per mezzo d'un pezzo di legno interposto, e si fanno scivolare dal mezzo ad una delle estremità, indi dal mezzo all'altra, e così di seguito per un ugual numero di volte sopra ciascuna delle due metà della spranga.

Così la spranga diventa essa medesima una calamita, e non perde la acquistata proprietà se non che quand'è fortemente riscaldata.

Avendo noi a considerare il magnetismo non come una particolare sostanza, ma sì piuttosto come una forza equabilmente distribuita in certi corpi, possiamo concepire facilmente come mediante una calamita siamo in grado di moltiplicarne quante vogliamo senza ch'essa perda mai delle proprietà sue.

191. — Un ago da cucire di acciaio regolarmente cilindrico, e di eguale grossezza in ogni suo punto, attaccato precisamente alla sua metà ad un filo, e quindi sospeso, prenderà una posizione orizzontale ed un perfetto equilibrio. Si calamiti ora una delle sue estremità, e lo si sospenda di nuovo. Con nostra maraviglia esso non si terrà più equilibrato, ma con una delle sue estremità, penderà verso terra come se questa fosse tirata da un'eccedenza di peso; cosicchè per rimetterlo in posizione orizzontale perfetta bisognerà sospenderlo per un punto diverso, più vicino cioè alla punta inclinata.

Tanto questa osservazione quanto la già accennata circostanza che l'ago si rivolge sempre in direzione del nord e del sud avvalorano la persuasione che debba esistere una causa speciale di tale fenomeno. Siccome gli esperimenti fatti in tutti i punti della terra fornirono analoghi risultati, era naturale lo indurne che la terra stessa sia il gran serbatoio del magnetismo, e possa esser paragonata ad un'immensa calamita, i cui poli, sebbene ad essi vicini, non coincidono però coi poli terrestri, e la cui linea neutra non è in perfetta corrispondenza coll'equatore.

Secondo questa ipotesi, che è finora la più ammessibile, il polo nord di un ago calamitato contiene il fluido australe, e quello sud il fluido boreale, giacchè le attrazioni hanno luogo tra fluidi op-

posti, e quello boreale della terra non può che attirare l'australe dell'ago, e viceversa. Tuttavia nel comune linguaggio si è addottato, per toglier confusioni, la denominazione di polo nord per quel polo della calamita che si volge al nord, e di polo sud per l'opposto.

Seguendo a considerare la direzione nordica d'un ago calamitato, non si arriverebbe sulla sua traccia precisamente al polo nord della terra perchè il polo magnetico non corrisponde esattamente al polo dell'asse terrestre. Prolungando col pensiero la direzione data dall'ago, si ottiene un circolo che cinge la terra tutta all'ingiro, e che si chiama il *meridiano magnetico.* Questo fa col meridiano astronomico un angolo, che non è dappertutto costante. In certi paesi la punta dell'ago si volta un po' verso oriente, in altri verso occidente; inoltre esso cambia col volger degl'anni. I fisici chiamarono *declinazione dell'ago* l'angolo che fa la direzione di esso col meridiano astronomico, e la distinsero in orientale ed occidentale. Le *variazioni* che essa subisce, altre si possono considerare come regolari ed hanno luogo dopo secoli, altre sono annue, altre diurne, e finalmente se ne osservano di accidentali dovute a perturbamenti improvvisi cagionati da aurore boreali, da terremoti, da scoppio di fulmini e simili fenomeni.

La forza attrattiva propria della terra che il polo terrestre esercita sul polo dell'ago magnetico si deve presentare diversa nei diversi punti. Se il detto ago si trova all'equatore magnetico, i due poli di quello si trovano con egual forza attratti dai poli magnetici della terra; l'ago mantiene allora la sua posizione orizzontale. Avvicinandosi però al polo nord o sud magnetici, soffre una deviazione tanto più forte, quanto più esso medesimo si accosta al polo corrispondente. Si è arrivati in fatto tanto vicini al polo nordico, che l'ago prese una direzione quasi verticale alla superficie terrestre. Se si sospende, come apparisce nella fig. 177, un ago libero e facilmente mobile sul suo asse *ab* in una staffa di ottone col mezzo d'un filo, può esso prendere una declinazione ed inclinazione notevolissima.

Fig. 177.

192. — Probabilmente è da attribuirsi all'azione del magnetismo terrestre lo svolgersi spontaneamente in oggetti di ferro o di acciaio proprietà magne-

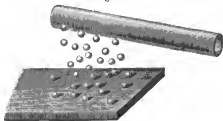
tiche in grado moderato, ma bastevoli però a far che soffregati, battuti, o scossi essi dispongansi ad una direzione che corrisponde a quella della deviazione e inclinazione dell'ago magnetico. Anzi occorre di rado, p. e., nella fucina d'un fabbro o d'un ferraio trovare uno stromento d'acciaio che non mantenga aderenti delle limature, o dei minuzzoli di ferro.

Del mirabile antagonismo fra magnetismo ed elettricità parleremo tosto che avremo fatto conoscere i principali fenomeni dipendenti da quest'ultima forza.

VIII.

Elettricità.

193. — Prendendo un pezzo di ceralacca, di resina o di zolfo, e strofinandolo con della lana, si vede svilupparsi nel medesimo una proprietà singolare, com'è quella di attirare dei corpi leggieri, quali sarebbero palline di sovero, midolla di sambuco, pezzetti di carta, capelli, ed altri somiglianti, sebbene posti a certa distanza. È questo il più antico fenomeno elettrico, già cono-

Fig. 178.

sciuto dai Greci i quali nello sfregamento dell'ambra gialla l'avevano osservato, e siccome a questa sostanza davano il nome di *elettron*, così ne derivò poscia la denominazione di *elettrico*, *elettricità* alla causa stessa dei fenomeni. Un tubo di vetro soffregato fortemente con un drappo di seta acquista esso pure una proprietà uguale (fig. 178). Quindi si considerarono codesti corpi siccome *elettrizzati* mediante lo stropicciamento, e la

causa di quell'attrazione si attribuì alla elettricità che si sviluppa da loro.

Per molto tempo si è ritenuto che lo sfregamento fosse l'unica sorgente della elettricità; ma più tardi molte osservazioni vennero a dimostrare, che le cause più svariate possono dar luogo a fenomeni di ugual natura; che anzi l'elettricità è una delle più diffuse e comuni manifestazioni fisiche, o a dir meglio tutta la natura si trova del continuo sotto la sua influenza. Fra le altre cause capaci di produrre fenomeni elettrici sono da annoverarsi: il contatto reciproco di corpi diversi, e specialmente di metalli; il cambiamento di stato di un corpo specialmente nella vaporizzazione o per effetto di chimiche combinazioni e decomposizioni; l'azione del calorico esercitata su d'un corpo in modo che una sua parte sia riscaldata, e l'altra raffreddata; il magnetismo, e la proprietà particolare di alcuni animali o spontanea o involontaria, non esclusa l'azione muscolare dell'uomo, e di altre specie zoologiche, la quale può dirsi accompagnata costantemente da sviluppo d'elettricità.

Tuttavia per la manifestazione de' fenomeni ordinarii, il più importante mezzo è quello dello sfregamento e del contatto.

Elettricità di sfregamento.

194. — Moltissimi corpi non danno segno di svolgimento d'elettricità mediante l'attrito, altri invece la svolgono evidentemente. I primi si dicono perciò *anelettrici*, ed *elettrici* i secondi. I metalli sono da annoverarsi fra i primi: benchè osservazioni più accurate abbiano poi dimostrato, che nessun corpo esiste nella natura, il quale possa dirsi a rigor di termine, anelettrico, giacchè possono tutti indistintamente essere posti in uno stato di elettricità, sebbene in alcuni manifestisi soltanto in piccolissimo grado.

Se ci faremo a strofinar fortemente *all'oscuro* della pece e del vetro, vedremo apparire un'aura luminosa sulla superficie di queste sostanze, e se accosteremo ad esse il nodo d'un dito, ovvero un oggetto metallico, vedremo sprizzarne una *scintilla* vivace con uno scoppiettio, e proveremo inoltre sul dito un senso di puntura dolorosa. Questo fenomeno si dice la *scintilla elettrica*.

L'elettricità risiede sempre sulla superficie dei corpi elettrizzati, e infatti nel vetro e nella pece non si trova che nei punti

che sono in contatto reciproco ed immediato. L'avvicinare ad essi un corpo metallico fa sì che l'elettricità trapassi nel medesimo, il quale essendone investito alla sua volta, palesa la proprietà elettrica di attrarre i corpi e di produrre scintille. Se non che i metalli la perdono poi compiutamente appena sieno tocchi in qualunque punto della loro superficie. Per la qual cosa cotesti corpi capaci di attrarre la elettricità dal vetro e dalla resina e di trasmetterla ad altri corpi si chiamano *conduttori*, quelli che non possiedono facoltà siffatta sono *non conduttori* od *idioelettrici*.

I migliori conduttori sono, come abbiam notato, i metalli, e lo sono altresì i liquidi, il vapore acqueo, il corpo dell'uomo e degli animali, e le piante fresche. Lo sono in piccolo grado, o quasi nulla, il vetro, la resina, la lana, la seta, e l'aria *asciutta*. Se si avvicina ad un vetro, o ad una resina, o ad un metallo elettrizzati un corpo vitreo, questo non si elettrizza per nulla. Epperciò può l'elettricità venir, a così dire, imprigionata in un corpo pur che questo si rivesta di sostanze idioelettriche. Così qualsiasi corpo metallico, che in aria asciutta fosse collocato sopra una lastra di vetro, o di resina, e quindi venisse caricato di elettricità, non ne perderebbe veruna quantità, salvo il caso che gli fosse avvicinato un conduttore. I corpi circondati da ogni lato da sostanze idioelettriche si distinguono coll'appellazione di *isolati*, e quelle sostanze si dicono *isolatori*, o *isolanti*.

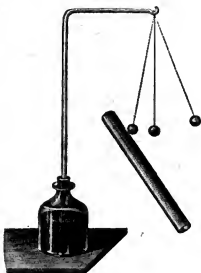
Esporremo ora, come abbiamo fatto trattando del magnetismo, una serie di esperimenti, che ci daran qualche lume intorno alla essenza della elettricità.

195. — Si appenda ad un filo di seta una pallottolina di sughero (fig. 179), e le si avvicini un pezzo di ceralacca che sia stata ben bene stropicciata, e si vedrà la pallottola attratta da questo fino a toccarlo del tutto. Ma quasi al tempo stesso la medesima ne sarà vivamente respinta: essa si sarà quindi appropriata una parte del fluido elettrico della ceralacca. Strofiniamo di nuovo questa sostanza e avviciniamola ancora alla pallottola, e la vedremo con nostra meraviglia non più attratta, ma per contrario respinta in senso opposto, come se i due corpi, impregnati della stessa elettricità proveniente dalla resina si respingessero scambievolmente. — Prendiamo ora un tubo di vetro, strofiniamolo ben bene con un drappo di seta, ed avviciniamolo alla pallottola, vedremo allora già ad una ragguardevole distanza muoversi questa incontro al tubo, ed essere quindi attratta dalla elettricità emanata dal vetro.

Caricata la palla anzidetta della elettricità prodotta dalla resina, ed un'altra simile dell'elettricità generata dal vetro, si avvicinino le due finchè si attraggano o tocchino, e si vedrà dopo il loro contatto nè l'una nè l'altra mostrarsi dotate di proprietà elettriche.

Fig. 179.

Da questi semplicissimi esperimenti si deduce;

1° Che, sebbene i fenomeni di attrazione e di ripulsione si ottengano del pari dal vetro strofinato con panno o con seta, come dalla ceralacca strofinata con panno, tuttavia è forza riconoscere che lo stato del vetro e quel della ceralacca dopo lo strofinamento son molto diversi, che vi sono quindi due *stati elettrici*, e che un medesimo corpo (come p. e. la pallina sovraccennata) ora può trovarsi nell'uno, ora nell'altro stato. Quindi i fisici imaginarono due specie di elettricità, l'una sviluppata dal vetro strofinato, l'altra dalla ceralacca strofinata. Alla prima diedero nome di elettricità *vitrea*, o *positiva*, e la indicarono nella scrittura col segno +; alla seconda quello di *resinosa* o *negativa*, e la indicarono col segno —;

2° I corpi che sono elettrizzati *similmente* vale a dire dalla stessa specie di elettricità, sia positiva, sia negativa, si respingono; quelli che sono elettrizzati *dissimilmente* o *contrariamente* si attraggono;

3° Le *elettricità differenti* tendono sempre ad unirsi, e quando sono unite vi è 0 elettricità; cioè, in altre parole, si elidono scambievolmente, o si combinano in unione mutua per modo da essere affatto inavvertibili;

4° Tutti i corpi contengono ambedue le elettricità suddette in istato d'unione, o di combinazione, e allorchè si strofinano insieme due corpi di qualsiasi natura, non si fa che promuoverne la scomposizione, cosicchè costantemente l'uno dei due prende lettricità negativa, l'altro la positiva.

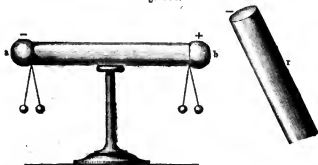
Non può darsi regola certa intorno alla specie di elettricità che collo sfregamento assumono i vari corpi; giacchè uno medesimo ora si può elettrizzare in più, ora in meno, secondo che la sua superficie è liscia o scabra, secondo che vien strofinato con una o con altra sostanza, e secondo molte altre circostanze.

Il mezzo di conoscere o, a meglio dire, di assaggiare l'elettricità dei corpi ce lo offre l'elettroscopio (fig. 180) che serve appunto a dinotare se, e quale specie d'elettricità contenga un corpo; ed è costrutto in guisa da essere sensibile anche alle più picciole quantità. Consiste esso in un piccolo disco metallico sostenuto sopra un fusto pur di metallo che passa per un tubo di vetro, il quale è assicurato al collo d'una bottiglia, e nella sua estremità inferiore porta due listerelle di foglia d'oro. Un tale apparecchio dev'essere tanto dilicato che al solo avvicinargli un corpo contenente elettricità libera, le due listerelle divergano l'una dall'altra. Ma se si comunica all'elettroscopio prima un'elettricità nota (p. e. positiva), la divergenza si farà maggiore se al medesimo si accosterà un corpo d'elettricità omonima, nel caso diverso la divergenza diminuisce e vien tolta del tutto.

Fig. 180.

196. Elettrizzazione per separazione. — Quantunque dal fin qui detto possa ravvisarsi una certa conformità nei fenomeni propri all'elettricità con quelli del magnetismo, si vedrà essa apparire più chiaro in quello che andiamo ad esporre. Nella fig. 181 abbiamo un cilindro *a b* di ottone ben forbito, terminato alle due estremità in due emisferi, imperniato sopra un piede di vetro e per conseguenza isolato. A ciascuna delle anzidette estremità pendono due pallottoline di sughero per mezzo di fili di seta. Accostando al primo paio un bastone di ceralacca ben confricato *r* si avverte ben tosto che l'elettricità negativa della ceralacca attrae la positiva del metallo, e la negativa di questo viene respinta;

per guisa che le due elettricità che prima stavan riunite, si decompongono in maniera che la + si trova in *b*, e la — in *a*. E ciò

Fig. 181.

dimostrano infatti le pallottoline, perchè in *b* acquistando ambidue la elettricità + si respingono mutuamente, e lo stesso avviene rispetto a quelle in *a* divenute cariche d'elettricità negativa. Se io porterò via la ceralacca *r*, cesserà la causa dell'allontanamento, e le due elettricità del metallo torneranno a combinarsi di nuovo, dando luogo al subitaneo ricadere delle palline.

Se intanto che la ceralacca si trova ancora in vicinanza di *b* io toccassi il metallo in *a* con un dito, l'elettricità negativa ivi presente verrebbe deviata dal mio corpo, mentre la positiva accumulatasi nell'altra estremità rimarrebbe combinata colla negativa della ceralacca. Se allora io allontanerò prima il dito, indi la ceralacca, il metallo resterà impregnato di elettricità + come ne daranno indizio le due palline col loro respingersi scambievolmente.

Se io avessi invece della resina adoperato il vetro fregato con seta, si sarebbero presentati gli stessi fenomeni, scambiandosi soltanto le manifestazioni + con quelle — sovra descritte.

Abbiamo adunque la possibilità di caricare qualunque corpo isolato di elettricità, sia positiva, sia negativa, mediante codesto mezzo separatore delle due elettricità.

197. — **L'elettroforo** (fig. 182) inventato da Volta, nel 1775, è uno stromento semplicissimo destinato a somministrare, mediante la separazione, una ricca sorgente di elettrico. Consiste esso in un disco di legno ordinariamente del diametro di circa un piede, e grosso un dito trasverso, sovra il quale si applica un miscuglio di due parti di ceralacca, e d'una di trementina, per

guisa che nel raffreddarsi formi una pasta possibilmente liscia, ed in un altro disco di legno coperto d'una foglia di stagno, e munito di un manico *m* isolante di vetro; il diametro di questo secondo disco dev'essere d'alquanto minore del primo. Battuto o sfregato il primo disco *p* con una pelle di volpe o di gatto, e posto quindi in istato elettrico, coprasi col secondo disco *m*. Ecco in allora che cosa avviene: la pasta resinosa è elettrizzata mediante lo strofinamento; ponendole sopra il coperchio isolato, e toccando questo col dito, mentre si trova in tale stato, otteniamo una piccola scintilla, e se invece d'adoprare il dito, comunichiamo questa scintilla ad un elettrometro, troviamo che l'elettricità comunicata è negativa al par di quella della pasta resinosa. Ciò vuol dire che l'elettricità della resina venne separata e decomposta in guisa che la negativa della sua superficie venne ad accumularsi sulla positiva del coperchio; quella di quest'ultimo si è decomposta del pari per combinazione della positiva propria colla negativa della resina; allontanando di nuovo il dito, e sollevando il coperchio pel suo manico di vetro esso si presenterà caricato di elettricità positiva. Potremo pertanto utilizzar lo stromento per tutti gli esperimenti pei quali abbiam finora indicato l'uso della resina e del vetro strofinati. Con siffatto apparecchio potremo anche estrarre dal detto coperchio così elettrizzato scintille vivaci, qualora avvicineremo il nodo d'un dito alla superficie di esso.

Fig. 182.

Scaricato in questo modo il coperchio, può essere ricaricato col ripetere lo stesso processo; e ciò ch'è singolare, potremo ottenere scintille anche dopo settimane e mesi da che si è ricaricato, col solo alzarlo dal suo contatto colla pasta resinosa, purchè però l'aria sia asciutta, e non intervengano altre cause di dispersione.

198. — La bottiglia di Leyden, o di Kleist, rappresentata nella fig. 183, ha la forma di un di quei vasi di vetro a bocca ampia, in cui si conservano le frutta candite od altri confetti; viene tappezzata di dentro e di fuori fino a tre quarti della sua altezza di lamina di stagno, ed ha la apertura chiusa da un pezzo di sughero o di legno, a traverso il quale passa un filo metallico terminato superiormente da una piccola sfera, o globo di ottone, e nella parte inferiore da una catenella che tocca sempre il fondo

del vaso. Mettendo in contatto, mediante il globo metallico, la interna copertura, ch'è pur di metallo, con una qualunque sorgente d'elettricità (p. e. col coperchio dell'elettroforo) si ottiene di caricar la bottiglia di elettricità positiva. Questa agisce per decomposizione a traverso il vetro sulla elettricità della copertura esterna, nell'atto stesso che si combina con una corrispondente quantità di negativa e respinge una quantità uguale di elettricità positiva dell'esterna copertura, la quale, pel conduttore su cui la bottiglia riposa, viene diretta verso il suolo, ove si disperde e dispare completamente.

Fig. 183.

Il procedimento pertanto è il seguente: sulla interna ed esterna copertura metallica si trovano elettricità differenti, le quali in causa dell'interposta parete di vetro vengono impedite di combinarsi, come sarebbe il natural loro sforzo; epperciò nello stesso momento che noi mettiamo in contatto le due coperture col mezzo del corpo conduttore, le stesse loro elettricità si congiungono. Locchè ha luogo quando con una delle nostre mani tocchiamo la copertura esterna, e coll'altra la sfera; nel qual caso le elettricità prendono la via del nostro corpo. Questo passaggio si rende sensibile mediante una più o men forte *scossa* che ricevono i muscoli e specialmente le articolazioni, nelle quali essa cagiona una molesta e tutta particolare puntura. La forza ed intensità della scossa dipendono dalla quantità del fluido elettrico; e 40 o 50 scintille che si facciano sprizzare dal coperchio dell'elettroforo per raccoglierle nella palla della bottiglia, costituiscono una carica atta a produrre un potentissimo commovimento. Se molte persone unite fra loro tenendosi per mano formassero una catena, l'un de'capi della quale toccasse il globo della bottiglia, e l'altro l'esterna copertura della bottiglia stessa, tutte quelle persone proverebbero nell'istante medesimo una scossa di identica intensità, qualunque fosse per essere il numero loro.

Fig. 184.

Se non che noi possiamo servirci della bottiglia di Leida, senza che abbiamo a risentirne molestia di sorta; e basta a ciò adoperare lo *scaricatore*, fig. 184; stromento semplice ordina-

riamente di ottone, munito di due impugnature *m m'* di vetro. Afferrando queste e col nodo metallico *b'* toccando la copertura esterna coll'altro *b* il globo della bottiglia caricata, si procaccia la unione delle elettricità collo scoppio d'una forte e vivace scintilla. In tal caso non provasi scossa veruna, perchè la ricomposizione delle due elettricità si compie per la via del miglior conduttore, cioè per mezzo dell'arco metallico e non attraverso il corpo dello sperimentatore.

199. — L'unione di parecchie bottiglie costituisce una *batteria elettrica* (fig. 185), la quale, dopo di essere stata convenientemente caricata, è atta a produrre commozioni e scariche di una forza spaventosa. Le scintille si slanciano a distanza di varii pollici con grande rumore; e con iscariche di grandi batterie si arrivò perfino ad ammazzare animali grandi e robusti. Ove si ricevesse la scarica per mezzo d'un lungo filo metallico che fosse interrotto in un punto, sprizzerebbe in quel luogo una scintilla per iscaricarsi istantaneamente sul residuo filo, semprechè non fosse troppo grande la distanza.

Fig. 185.

Lo stesso fenomeno si avvera allorquando si lascino parecchie piccole interruzioni, la qual cosa si fa artificialmente in alcuni sperimenti per ottenere delle apparizioni luminose molto piacevoli.

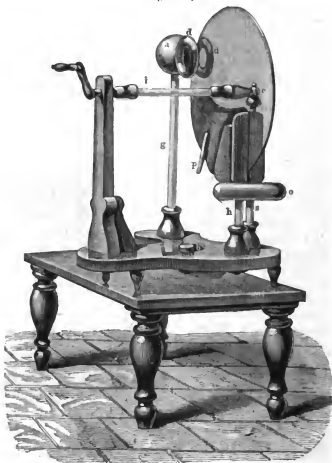
200. Il Condensatore. — Fig. 186. La combinazione e la decomposizione della elettricità, quale si manifesta nell'elettroforo e nella bottiglia di Leyden, suggerì il mezzo di render coll'elettroscopio evidente la presenza di cariche elettriche anche di una estrema debolezza. A tale scopo serve quello stromento che ebbe nome di *condensatore*, consistente in un elettroscopio al cui disco si aggiunge un altro disco metallico formato come il coperchio d'un elettroforo, vale a dire da un disco metallico col manico di vetro, e chiamato il *collettore*. Tanto l'uno che l'altro dei dischi sono spalmati di resina isolante. La somiglianza del condensatore colla bottiglia di Leida è facile a riconoscersi. Il coperchio, e il sostegno rappresentano l'armatura interna e la esterna; lo strato di vernice o resina interposto fra i dischi cor-

risponde al vetro della bottiglia in quanto non consente il passaggio all'elettricità. — Messa in contatto la base dello stromento con una debole sorgente d'elettricità, mentre il coperchio posa sovr'esso, ed è posto in comunicazione toccandolo con un dito, si opera nel coperchio stesso una piccola decomposizione, e nella base un dissimulamento delle due elettricità. Finchè noi lasciamo stare il coperchio nella primitiva sua posizione la base non dà alcun segno di elettricità, ma se noi lo solleviamo verticalmente ad un tratto per far cessare contemporaneamente su tutti i punti il contatto dei due dischi, allora l'elettricità rimasta latente ed accumulatasi in pari tempo, scenderà nelle listarelle d'oro dello stromento, e produrrà il loro divaricamento. Senza il condensatore, la cui invenzione devesi a Volta, e il perfezionamento a Lichtemberg, non si sarebbero rivelati quei piccolissimi gradi d elettricità che alcuni minerali, come il topazio, lo spato fluore, sviluppano sotto la pressione, altri come la tormalina, col riscaldamento, ed altri col semplice contatto.

Fig. 186.

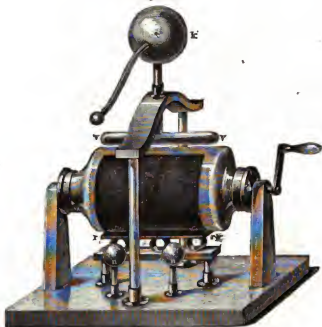
201. Le macchine elettriche. — Per la produzione di poderosi fenomeni elettrici si fa uso di certi apparecchi speciali, mediante i quali vengono ad esser confricate delle grandi superficie di vetro con grandi superficie metalliche; ed a questo uopo si adoperano ora voluminosi dischi di vetro (fig. 187), ora cilindri della stessa sostanza (fig. 188). — I primi hanno il vantaggio di poter essere sfregati sovra ambedue le faccie, i secondi hanno l'altro di essere meno voluminosi, e meno facili a rom-

persi. Il così detto *cuscinetto*, o *strofinatoio* consiste in un'assicella coperta da una pelle molle, unta di grasso, e spalmata con

Fig. 187.

un'amalgama di stagno, zinco e mercurio. Esso viene tenuto a contatto mediante una molla che lo stringe contro la superficie del vetro (*hs* od *rr*).

Occorre allora un altro apparecchio destinato a raccogliere l'elettricità che la rotazione sviluppa; ed a tal fine vengono il più

che sia possibile avvicinati al disco o alla bottiglia di vetro che si sfrega, i così detti *apparecchi assorbenti dd*, ovvero *vv*, i quali si trovano assicurati ai conduttori *a* o *k*. Tutte queste parti imperniansi sovra piedi di vetro, e conseguentemente restano isolate. Premesso che siasi stabilita la comunicazione fra la terra e

Fig. 188.

l'apparecchio strofinatore, col mezzo di una catena, la macchina viene posta in movimento. Colla strofinazione il vetro si carica di elettricità positiva, ed attira per mezzo dell'apparato assorbente la negativa del conduttore, in guisa che in questo rimane la positiva affatto libera.

Volendo poi raccogliere la elettricità dello strofinatore conviene mettere in comunicazione i conduttori *a*, o *k* colla terra e i conduttori minori *o*, ad *nn* in prossimità allo strofinatore medesimo.

È chiaro che se ai conduttori, la cui superficie deve servire a ricevere l'elettricità divenuta libera, si è data la forma sferica, egli è perchè con questa forma si ottiene una perfettamente equa-

bile distribuzione della elettricità. Gli angoli sporgenti, gli spigoli, le punte devono essere assolutamonte evitate nei conduttori, perchè è in essi principalmente che il fluido si condensa, e in tanta copia da disperdersi poscia nell'aria. Serve perciò all'ufficio di conduttore anche un cilindro ritondato alle sue estremità come si vede nella fig. 181. Il concetto fondamentale della macchina elettrica è dovuto a quel medesimo ottone di Guerich che trovò la pneumatica, il quale immaginò dapprima d'impernare su due piccoli pilastrini un globo di zolfo e farlo girare mediante un manubrio, strofinandolo colla mano o altrlmenti. I fisici posteriori perfezionarono l'apparecchio, e lo resero acconcio ad ogni maniera di sperimenti, e capace di produrre i più maravigliosi fenomeni.

202. — E per verità coll'aiuto d'una potente macchina elettrica si possono compiere esperlmenti numerosi e soddisfacentissimi così per interesse scientifico, come altresì per gradevoli intrattenimenti, quali sono l'estrazione di grandi scintille, che simulano il lampo, la danza di figurine e di pallottole, la pistola elettrica, l'organetto elettrico, il quadro magico, lo scampanio, l'accensione dell'alcool e della polvere, la perforazione del vetro e del cartone, ed altre somiglianti. La scintilla prodotta dallo sfregamento si adopera anche a preferenza della miccia e con migliore effetto per far saltare le mine stando a grandi distanze.

È singolare poi l'odore tutto proprio che emana in ispecie dalle forti correnti elettriche uscenti dalle punte; odore al quale si è dato il nome speciale di *ozono*, di cui avremo poi a parlar nella parte chimica. — È da notare eziandio come la perdita d'elettricità, la quale si effettua per le punte e le parti sporgenti dei conduttori, sia accompagnata da ciò che chiamasi *aura*, o *venticello elettrico*, vale a dire da un movimento nell'aria che cagiona sulla nostra pelle un senso di frescura, e piega la fiamma d'una candela, che si appressasse a quel sito. Questo fatto si spiega come un effetto della ripulsione scambievole delle molecole aeree contigue, le quali vengono similmente elettrizzate.

203. — Ebbesi inoltre ad osservare che in generale acciò abbiano luogo convenientemente le esperienze elettriche è necessaria sovra ogni cosa un'aria asciutta; perchè l'atmofera umida disperde l'elettricità, e quindi non permette che la si raccolga in quantità sufficiente a produrre fenomeni energici. Perciò i migliori risultati si ottengono, o in una bella giornata d'estate, o nel verno, vicino ad una stufa riscaldata e dopo che gli apparecchi per un certo tempo si trovavano in essa.

Elettricità di contatto o galvanismo.

204. — Nell'anno 1789 Galvani, medico e naturalista in Bologna, appendeva con uncinetti di rame sulle sbarre di ferro d'un poggiuolo, ad oggetto di studio anatomico, alcune coscie di rane scuoiate; e mentre il vento le faceva oscillare, egli le vedeva far un guizzo ogni volta che la gamba della rana andava a toccare il ferro. Questa fortuita osservazione continuata poi dallo stesso Galvani, ripetuta e meglio interpretata dal sommo Volta, fu il primo anello d'una interminabile serie di fatti, l'adito che aperse il più nuovo ed ampio campo alla scienza fisica.

Fin dapprincipio le ricerche di Volta condussero alla sorprendente scoperta, che il solo contatto reciproco di due diversi metalli bastava a sviluppare elettricità. Ma poco appresso questo fatto ebbe una più larga applicazione, e si conobbe che anche pel contatto reciproco di molti altri corpi si ha svolgimento di elettricità. Nulladimeno quello che più importa a conoscersi è sempre il fenomeno che ha luogo dal contatto dei metalli, come pure dalla loro azione sui liquidi e in ispecie sugli acidi, della quale noi parleremo appunto a preferenza.

205. Esperimento elementare. — Si prendano due dischi possibilmente piani e lisci, l'uno di zinco, l'altro di rame, forniti d'un sostegno isolante, e si addattino le loro superficie polite una sull'altra; si otterrà in tal caso caricato lo zinco in +, il rame in —. Certamente una tal carica sarà debolissima, anzi non avvertibile che da un condensatore molto sensibile (V. § 200). I dischi medesimi non soffrono in questo esperimento alcun visibile cangiamento.

Analogo al precedente è quest'altro esperimento. Si incollino due fogli di carta così detta dorata, l'un coll'altro in modo che ambo le faccie presentino la superficie dorata, si faccia lo stesso con due fogli di carta d'argento. Da siffatti fogli si ritaglino alcuni dischi grandi press'a poco come uno scudo, e si pongano alternativamente l'uno sull'altro, introducendo la colonnetta che ne deriva, entro un tubo di vetro dopo averla ben bene compressa, e chiudendo poscia con turaccioli di sovero a traverso a cui sieno passati de' fili metallici le due aperture del tubo. Si possono in tal guisa fabbricare colonne o pile di 500 a 2000 coppie, colle

quali, secondo che si esplora dall'uno o dall'altro dei fili, si scorgono questi caricati di elettricità opposta. È questa quella pila che chiamasi *a secco* immaginata dal veronese *Zamboni*, la quale può mantenere la sua attività, sotto favorevoli condizioni, anche per lungo corso d'anni.

Questi due sperimenti mostrano quasi gli unici modi con cui la elettricità si possa svolgere per semplice contatto; negli altri casi, oltre il contatto si rendono necessarie siccome eccitanti del movimento elettrico, anche le chimiche decomposizioni.

206. — La pila di Volta, detta anche da taluni, **catena Galvanica** è disegnata nella figura 189. — Essa può dirsi la più utile e la più feconda di quante macchine abbian mai trovato i fisici, giacchè a lei dobbiamo non solo le più grandi scoperte sulla natura dei corpi, ma le più vantaggiose applicazioni della forza elettrica all'industria e agli usi della vita. La pila, quale fu immaginata dal Volta, posa tra due piani di legno, l'uno di sopra, l'altro di sotto, i quali restano fra loro legati mediante tre cilindretti di vetro. Sul piano inferiore si trova una lastra di vetro, sovra la quale poggia un disco di rame, e sovra questo uno di zinco. Generalmente i dischi si saldano insieme in tutta la faccia corrispondente, per rendere più facile la formazione della pila. Dopo lo zinco viene un disco di cartone, o di tessuto di lana o di feltro, da prima imbevuto d'acqua, che deve poi essere espressa fuori. Il rimanente della pila non è che una successione di questi tre elementi disposti col medesimo ordine, fino a formarsene 20 - 40 coppie, delle quali il termine sia una piastra di zinco, che chiude tutto l'apparecchio.

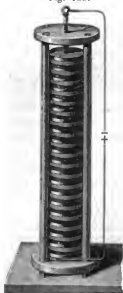



Fig. 189.

Questo *zinco*, posto per ultimo sulla colonna, costituisce il polo positivo, mentre l'altra estremità terminata col *rame* è il negativo. In questi punti si trova infatti accumulata la elettricità di nome opposto sviluppatasi pel contatto delle diverse coppie dei dischi; intantochè nelle coppie intermedie non si appalesa elettricità di sorta alcuna. Saldando (come apparisce nella fig. 189) alle coppie finali dei fili metallici, questi costituiranno i poli della colonna.

Quando i medesimi si toccano si suol dire che la catena *è chiusa*, e in questo stato non si dà luogo ad alcuna elettrica manifestazione, sebbene nell'interno il movimento elettrico esista realmente. Le elettricità differenti accumulate ai poli si elidono mutuamente nel loro contatto, e di necessità, a somiglianza della bottiglia di Leyden scaricata, ogni elettricità dispare, se non è del continuo riprodotta in ciascuna coppia. Perciò *nella catena chiusa si incrocia sempre una corrente elettrica.* Infatti quando s'interrompe il filo che forma il circolo e la chiusura, qualunque siane il punto, come si vede nella fig. 189, si vede un continuo scoccar di scintille fra le due estremità de' fili metallici. E ciò si avverte ad ogni interruzione, sempreccbè l'intervallo misuri una distanza assai piccola.

207. — I metalli bagnati di acidi o di soluzioni saline diventano elettrici negativamente, intantochè i liquidi anzidetti si elettrizzano positivamente. Si immerga p. e. una verga di zinco in un vaso contenente acido solforico diluto, e la sua estremità che sta fuori del vaso si mostrerà caricata di elettricità negativa, l'acido invece di positiva. Si ponga ora vicino alla verga di zinco una lastrina di rame (fig. 190) che non tocchi però quella, e questa lastrina sarà essa pure caricata negativamente, ma la più ener-

Fig. 190. Fig. 191.

gica elettricità positiva del liquido non solo neutralizza la negativa del rame, ma prevale sovr'essa, in modo da render il rame elettrico positivamente. Unendo ora il rame collo zinco col mezzo d'un filo metallico (fig. 191) l'elettricità + passerà a questa e si unirà colla negativa dello zinco. — Così allora cesserà ogni elettrica manifestazione, se da un lato col contatto reciproco dei metalli, dall'altro con quello di essi coll'acido non si promove del continuo una nuova riproduzione di elettricità. In conseguenza di ciò in questo apparecchio, che si appella la *catena galvanica chiusa e semplice*, ha luogo una corrente elettrica continua, che

si muove *dentro al liquido dal zinco al rame, e fuori del liquido dal rame allo zinco.*

Mettendo ora un più gran numero di coppie o in recipienti comuni (*apparato a truogoli*) o in recipienti distinti (*apparato a bicchieri*) in modo che le lamine di rame sieno con quelle di zinco in non interrotta successione e di fuori in una concatenazione metallica, la forza della corrente si moltiplica, e si ottengono così catene galvaniche d'una attività sorprendente.

208. Le pile costanti. — Da quanto fu detto sopra intorno alle catene elettriche, l'attività è massima nel momento in cui le lamine metalliche sono immerse nel liquido. Ma quest'attività decresce rapidamente specialmente a motivo del cangiamento che soffrono e il metallo, e l'acido per la chimica azione. Cosiffatto inconveniente portò i fisici alla costruzione di *pile costanti*, le quali sieno capaci di somministrare una corrente durevole e di forza costante per lungo tempo. La loro particolarità consiste in ciò, che ciascun eccitatore elettrico che si adopera viene immerso

Fig. 192.

in un liquido speciale. Come eccitatore si adoperano più di sovente zinco e platino o zinco e carbone, il quale ultimo non è soltanto un buon conduttore, ma sì anche un eccitatore molto energico. Nella fig. 192 è rappresentata una simile *pila a carbone e zinco* composta di quattro elementi, già immaginata da Grove e modificata poscia da Daniell e da Bunsen. Un cilindro aperto di zinco si trova introdotto in un cilindro chiuso di creta cotta e porosa, quella cioè che chiamasi *capsula argillosa*, la quale

contiene acido solforico diluito. Ambidue sono abbracciati da un altro cilindro più largo formato di carbone racchiuso in un vaso di vetro contenente acido nitrico concentrato. La combinazione metallica dell'eccitatore nasce per mezzo delle liste di ràme che sono poste intorno all'orlo del carbone, e dalle viti a morsa, che uniscono il carbone stesso di ciascun elemento collo zinco.

Le pile costanti sono importantissime per le loro pratiche applicazioni tecniche e in ispecie per la galvanoplastica e la telegrafia.

209. — L'azione delle correnti elettriche si manifesta edassume il più alto interesse 1° nei fenomeni del calore e della luce; 2° nell'eccitamento dei muscoli e dei nervi; 3° nelle decomposizioni chimiche; 4° nello svolgimento dell'elettricità e 5° del magnetismo.

Una corrente voltiana che attraversi un filo metallico produce gli stessi effetti d'una batteria; il filo si arroventa, si fonde, o si volatilizza, secondo che è maggiore o minore il suo diametro, e secondo la potenza della pila. Tutti i metalli, compreso il platino che resiste al fuoco più intenso delle fucine, può esser dalla pila ridotto in globetti e mantenuto incandescente. Il carbone che finora si mostrava il solo corpo infusibile, prova, secondo gli sperimenti di Despretz, un principio di fusione, quando si adoperi una pila di Bunsen di sufficiente forza. Facendo passare la corrente attraverso fili metallici di diversa natura, Children osservò che il loro riscaldamento procede in ragione inversa delle loro conduttività elettriche, e Becquerel trovò a questo riguardo le seguenti leggi:

1° Che la quantità di calore sviluppato è in ragione quadrata della quantità di elettrico che passa in un dato tempo;

2° Che è in ragione diretta della resistenza del filo al passaggio dell'elettricità;

3° Che qualunque sia la lunghezza del filo, purchè conservi dappertutto lo stesso diametro, e passi la stessa quantità d'elettricità, l'innalzamento di temperatura è lo stesso in tutta l'estensione del filo.

Della potenza calorifica della pila si trasse giovamento anche per dar fuoco alle mine a grandi distanze. Per ottener scintille da essa, si avvicinano i due elettrodi sino ad un piccolo intervallo, e si vedono allora scoccare brillantissime scintille che possono succedersi con tanta rapidità da produr l'effetto d'una luce costante.

Se si lasciano comunicare i due elettrodi con due coni di coke

riscaldati prima fortemente in vaso chiuso, e poi raffreddati e messi a contatto, indi si facoia passar la corrente, ben tosto il punto di contatto acquista uno splendore abbagliante poco meno del sole. Di codesta *luce elettrica* si tentò l'applicazione per l'illuminazione delle città, e con ingegnosi apparecchi si rimediò agl'inconvenienti derivati dalla rapida consumazione del carbone e dal variar dell'intensità; tuttavia gli esperimenti finora furono limitati ad alcuni particolari stabilimenti.

210. — Chiusa la catena coi fili metallici e presone uno in mano, se lo leviamo e sospendiamo così il contatto reciproco, nello stesso momento proviamo una scossa tutta singolare all'articolazione del carpo, che può variare da contrazioni leggiere fino a divenire uno scuotimento doloroso. — E questo si rinnova ogniqualvolta ricongiungiamo i due fili. Lo scuotimento nervoso ha dunque luogo nell'entrare e uscire della corrente fuori e dentro del corpo, imperciocchè è chiaro ch'essa prende la via attraverso di esso, subitochè si trovi fra i poli della pila. Si può con ispeciale apparecchio interrompere e ristabilire la catena continuamente per guisa che la corrente passi alternativamente a traverso il corpo, ed a traverso il filo metallico, impartendo al primo una serie di scosse, le quali vennero usate molte volte dai medici siccome mezzo per guarire certe infermità, quali sarebbero le paralisi e in generale le alterazioni della innervazione. Gli effetti tuttavia finora non corrisposero con tutto quel buon riuscimento che la medicina se n'era ripromesso.

211. — Gli effetti chimici che possono ottenersi colla corrente elettrica ci appariranno più chiaramente indicati, quando parleremo de' fenomeni chimici. Per ora basti avvertire che la corrente tende a scomporre qualunque combinazione chimica ne' proprii elementi, e che la *galvanoplastica*, ossia l'arte di modellare i metalli, facendo precipitar le loro molecole dalle lor dissoluzioni saline sovra stampi preparati, non è che una applicazione di questa sua proprietà.

212. — Se si abbia un lungo filo di rame tutto investito entro un tessuto di seta, e che poi ravvolto intorno ad un rocchetto lo si circondi d'un altro filo più grosso egualmente di rame, pel quale circoli una poderosa corrente elettrica, quel primo filo alla sua estremità darà manifesto indizio dell'essersi in esso pure generata una corrente, la quale si nomina d'*induzione*.

Faraday fece conoscere pel primo nel 1832 quest'ordine di fenomeni, i quali possono essere paragonati a quelli di cui si è par-

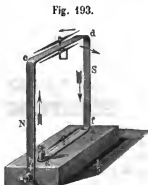
lato al § 196, e che si conoscono sotto il nome di elettrizzazione *per influenza*. Infatti si possono considerare come risultanti, secondo ammette De la Rive, dalla scomposizione che avviene di molecola in molecola della naturale elettricità del primo filo che è l'*indotto* per influenza dell'elettricità che si propaga nel secondo che è l'*induttore*.

Le relazioni della corrente elettrica col magnetismo richiedono dimostrazioni più diffuse che cercheremo di brevemente svolgere nel seguente articolo.

Elettro-magnetismo.

213. — Nell'anno 1820 Oersted di Copenaghen faceva l'osservazione che un ago magnetico liberamente sospeso veniva deviato dalla sua direzione ogniqualvolta si avvicinava al filo metallico che chiude il circolo d'una pila, per la quale circola una corrente elettrica. Da questa scoperta cominciò una nuova epoca per la teoria dell'elettricità, il cui primo frutto fu di metter in chiaro con una ben seguita investigazione l'intimo nesso che regna fra due sì misteriose e sì poco nella loro intima essenza conosciute forze naturali, quali sono l'elettricità e il magnetismo. — Queste investigazioni ci riescono tanto più interessanti, quantochè da esse derivò all'uomo un nuovo e più acuto senso, che gli procacciò colla elettrica telegrafia il modo di essere presente in ogni luogo della superficie terrestre.

Fig. 193.

214. — Per effettuare l'esperienza fondamentale di Oersted, colla quale viene dimostrata l'azione di una corrente elettrica sulla calamita, basta avere un comune ago magnetico, una pila di Bunsen e un filo di rame piuttosto grosso piegato in modo che formi una specie di cornice quadrata, e sia posto in guisa da cader nel piano del meridiano magnetico (fig. 193).

Con questo semplice apparecchio si può accertare l'azione che a corrente esercita sull'ago magnetico, e si potè arrivare a co-

struire la così detta *bussola delle tangenti*, la quale serve ad indicare la forza della corrente stessa mediante il grado di deviazione dell'ago, giacchè una tal forza fu appunto trovata proporzionale alla tangente dell'angolo di deviazione. Sul medesimo principio fu eziandio immaginato da Schweiger un altro utilissimo stromento, chiamato *galvanometro* o *moltiplicatore*, mediante il quale si constata l'esistenza, la direzione, e l'intensità delle correnti, e si accerta il fatto che anche le più deboli valgono a produr deviazione dell'ago.

Senonchè codesta deviazione è diversa, secondo che l'ago è collocato sopra o sotto alla corrente. Per fissare la relazione che passa tra la direzione della corrente e quella dell'ago, serve la seguente regola. Immaginiamo il nostro corpo frapposto fra le linee del metallo conduttore in maniera che la corrente positiva entri pei piedi ed esca per conseguenza dal capo. Se noi volgiamo la faccia all'ago, *il polo nord del medesimo devìa sempre al lato sinistro.*

215. — Si trovò ingegnosamente il modo di stabilire *correnti mobili* coll'immerger le estremità appuntite di un ricurvo filo me-

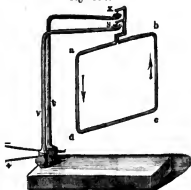
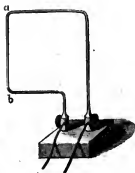



Fig. 194. Fig. 195.

tallico, come mostrano le fig. 194, 195 nelle piccole capsule xy, le quali contengono del mercurio che serve come anello di conduzione. A quel modo che nei paragrafi precedenti abbiamo accennato che la corrente elettrica manifesta un'influenza sulla posizione dell'ago magnetico mobile, così è chiaro che un magnete del pari influir debba sulla direzione d'una corrente mobile. Questo è appunto ciò che accade: e siccome la terra è il massimo serbatoio

magnetico, così essa esercita la sua influenza per guisa, che il piano d'un semplice filo conduttore si colloca ad angolo *retto sulla direzione del meridiano magnetico*. Se poi il filo è ravvolto a lunga spirale (fig. 196) e sospeso, esso medesimo si colloca durante il passaggio dell'elettricità nella stessa direzione dell'ago magnetico.

Fig. 196.

Avvicinando fra loro due correnti elettriche, come è mostrato dalle figure 194 e 195, si ha un'attrazione reciproca quando le correnti son parallele e dirette nello stesso senso; nel caso contrario, vale a dire che sien dirette in diversi sensi, si ha ripulsione.

216. — Se abbiamo un cilindro di ferro o d'acciaio a cui sia

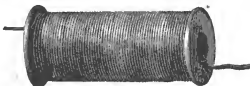
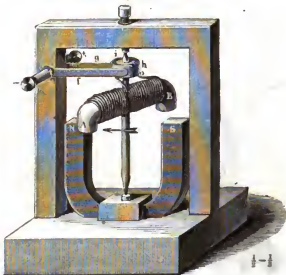
Fig. 197.

ravvolta intorno una spirale di filo di rame, e facciamo per questo filo passare una corrente elettrica, quel cilindro acquisterà proprietà magnetiche. — Il migliore e più acconcio apparecchio si è quello che si ottiene col prendere un rocchetto di legno, contornarlo di 800-1000 giri di filo metallico tutto investito di seta, e coll'inserire nel cavo del rocchetto stesso il cilindro da magnetizzare. L'acciaio diventa in questo caso durevolmente magnetico, mentre il ferro, secondo l'esposto al § 190, non resterebbe tale se non pel tempo che passa la corrente per la spirale. Interrotta questa, cessa all'istante la forza di attrazione magnetica sviluppatasi nel ferro. — Per tal modo si può stabilire un elettro-magnete dotato di una gran forza d'inerzia (fig. 198).

Fig. 198.

Invertendo i poli d'un elettro-magnete, cioè mettendo il polo

nord al luogo del polo sud, sul momento si inverte anche la corrente lungo la spirale. Si hanno a quest'oggetto degli apparecchi particolari, così detti *invertitori delle correnti* (*Girotropi*), coi quali si possono effettuare degli invertimenti rapidissimi col solo mettere alternativamente in comunicazione un'estremità della spirale col polo positivo o negativo d'una pila. — Si ponga ora un' elettro-calamita $A\,B$ (fig. 199) facilmente mobile intorno al suo

Fig. 199.

asse, di rincontro ad un'ordinaria armatura magnetica NS, foggiata a ferro da cavallo, e ne avverrà che i due poli opposti si attireranno tra loro. — Se nei due magneti che presero la posizione corrispondente alla loro forza d'attrazione, si fa invertire la corrente, e con ciò anche la polarità dell'elettro-calamita, i due poli omologhi d'ambedue le calamite si troveranno di faccia l'un l'altro e si respingeranno: e così si effettuerà una rotazione molto rapida ed energica. Invano si è finora tuttavia studiata una maniera di usarne come forza impellente.

217. Induzione magnetica. — Se s'introduce nella spirale descritta nella figura 197 una *verga magnetica*, e si mettono le estremità del filo metallico in communicazione con un moltiplicatore, questo indicherà che per lo stesso filo circola una corrente. La

macchina di rotazione elettro-magnetica somministra correnti indotte di forza considerevole.

218. Telegrafo elettrico. — Anche se mettiamo a paragone i maravigliosi benefizii che ci ha recato la macchina a vapore, per

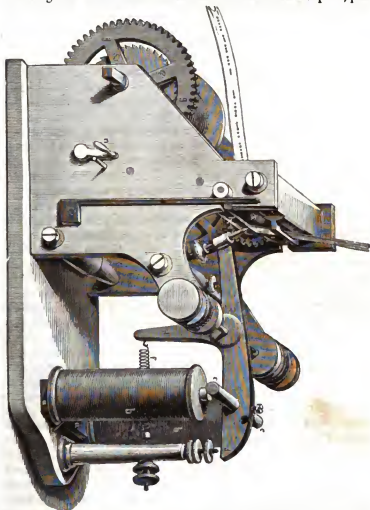



Fig. 200

fermo dovrem riconoscere che maggiore è l'utilità di quelli che ci somministra la telegrafia elettrica, mercè le sue prodigiose

comunicazioni immediate che vincono qualsiasi ostacolo di distanze di luoghi. — Collo attuale incremento ch'essa ha preso in ogni paese sembra essersi risolto un problema, che poche decine d'anni addietro sarebbe stato stimato insolubile. Bisognava infatti scoprire e conoscere a passo a passo tutte le cose descritte finora in questo libro, per giungere a concepir la grande scoperta della telegrafia.

I principii fondamentali, sui quali appoggiasi la costruzione del telegrafo elettrico, sono: 1° La velocità delle correnti elettriche; 2° La facoltà conduttrice dei metalli e della terra; 3° La possibilità d'ottenere dal concorso di questi due fatti col mezzo d'un filo spirale ravvolto intorno ad un pezzo di ferro ridotto magnetico, la facoltà di spogliarlo di questa proprietà a beneplacito, e di ridonargliela, per modo che si possa coll'attrazione e repulsione prodotta da un'elettro-calamita, trasmettere certi segni a qualsiasi distanza di luoghi.

La velocità della corrente elettrica è veramente prodigiosa; e se dietro le determinazioni di diversi osservatori si è calcolata da 20 a 60 mila miglia tedesche in un secondo, è però indubitato che per le ordinarie distanze la sua propagazione può dirsi istantanea, e d'un tempo quasi incommensurabile. — Questa sua velocità è però sempre subordinata ai mezzi che servono a dar passaggio alla corrente, perocchè gli stessi metalli possiedono una differente conduttività come si mostra col platino che oppone una resistenza al condurre l'elettrico undici volte maggiore del rame, e col ferro che è sette volte men conduttore del rame stesso. Il rame e l'argento sono dotati di una conduttività più grande di tutti, per la qual cosa è necessario un fil di ferro sette volte più grosso, acciò si ottenga quello che da uno di rame sette volte più sottile.

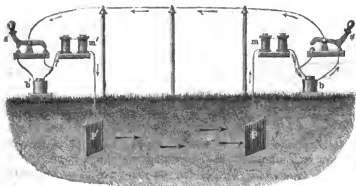
I liquidi, e la terra umida oppongono un ostacolo che fu calcolato un milione di volte maggiore al trasporto della corrente di quello che opporrebbe un filo di rame. Ma avendo congiunto le estremità di due fili metallici con grosse piastre metalliche PP' poste in terra di fronte l'una all'altra (fig. 201), si ottenne l'importante risultato di poter far servire la terra stessa come conduttore; perchè in questo caso lo strato di terra interposto fra le due piastre è quello che serve a tal uopo. Se la sezione trasversale di quello strato è un milione di volte più grande, di quello che sia un filo di rame, esso possiede una facoltà conduttrice che è uguale a quella del filo stesso.

219. — Si ridusse pertanto il problema della meccanica a

questo principalmente di costruire cioè apparecchi, col mezzo dei quali si potesse trasmutare ne' segni d'un alfabeto convenzionale i movimenti generati dall'attrazione elettro-magnetica, e a tale intento si arrivò di varie guise, una delle quali, che può considerarsi la più semplice, si è il *telegrafo scrivente* di Morse (f. 200).

Appena la corrente elettrica attraversa le due spirali *bb*, i due inclusi cilindri divengono magnetici, ed attirano la sbarra traversale *cc* della leva scrittoria che è girevole sul proprio asse *dd*. Questa leva porta all'altra sua estremità una matita sottilmente appuntita che imprime dei segni sopra una lista di carta che sta fra i cilindri *i* e *b*, e che trascorre per opera d'una ruota da orologio, tante volte, quante la leva è attratta. Nell'atto che s'interrompe la corrente, cessa all'istante l'attrazione magnetica, e la leva viene ritirata dalla molla *f* nella sua posizione di prima. Una impressione momentanea della matita segna un punto; una più lunga forma una (—) riga, talchè col mezzo di punti e di righe si costituisce un vero alfabeto: p. e. *a*: . . —, *m* — —, *c*., *r* . —; *s* . . . , *t* —, e così via discorrendo.

Nella figura 201 vediamo due stazioni telegrafiche in comunicazione fra loro. Le batterie elettriche sono rappresentate in *bb'*,

Fig. 201.

le elettro-calamite in *mm'*, le così dette *chiavi* in *ss'*, delle quali il telegrafista si serve per interrompere a suo talento o ripristinar la corrente. Se le *due* chiavi sono in posizione di riposo (com'è il caso in *s'*) la comunicazione conduttrice fra l'eccitatore interno e l'esterno della batteria (V. § 208) viene interrotta, ed è quindi impedita la circolazione della corrente. Se poi la chiave è com-

pressa, come in s, la corrente stessa trascorre nella direzione delle freccie dal polo positivo b per la chiave, pel filo conduttore verso la chiave s', da questa all'elettro-calamita m', indi dalla piastra P' a traverso la terra all'elettro-calamita della stazione parlante, e finalmente al polo negativo della batteria b. — Unito colla elettro-calamita $m\,m'$ ci siamo rappresentato l'apparecchio illustrato dalla fig. 200, la cui leva scrittoria viene posta in movimento corrispondente, mediante pressione ripetuta sulla chiave.

La corrente galvanica presta inoltre molti altri preziosi servigi alla scienza ed alla industria; e specialmente per la sua applicazione al regolamento degli *orologi elettrici*, come altresì per rendere apprezzabili minime frazioni di tempo, quali si esigono p. e. per determinare la velocità delle palle nelle scariche d'armi da fuoco.

220. Termo-elettricità. — Si è osservato che alcuni corpi e sovratutti la *tormalina*, hanno facoltà di divenire elettrici allorchè vengano riscaldati ad una delle loro estremità. Più sorprendente ancora è la potenza eccitatrice che acquistano due metalli saldati, insieme, quando il punto della saldatura viene riscaldato. Nella figura 202 $o\,p$ è una verga di bismuto su cui è saldata una staffa $m\,n$ di filo di rame. Un ago magnetico a si trova tra mezzo, e tutto l'apparecchio è collocato in direzione del meridiano magnetico. Riscaldando ora uno dei siti della saldatura p. e. in o, l'ago devia, e dà così l'indizio certo che in questa catena termo-elettrica circola una corrente.

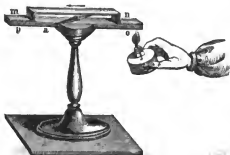



Fig. 202.

I migliori eccitatori termo-elettrici sono le catene d'antimonio, e bismuto, le quali poste in comunicazione col moltiplicatore, formano un apparecchio che si mostra sensibilissimo alle più piccole variazioni di temperatura.

IX.

La meteorologia.

221. — Con questo nome noi intendiamo di abbracciar le considerazioni relative ad una serie di fenomeni svariati che si palesano in vaste proporzioni, e che non potrebbero entro piccolo spazio col mezzo di speciali macchine ed apparecchi venir riprodotte, in via d'esperimento, come quelli de' quali abbiam discorso finora. Sono in una parola le grandi manifestazioni delle forze naturali nel campo immenso del mondo terrestre, operanti in grande, e libere nella loro azione sotto la forma di venti, e di meteore, che costituiscono l'oggetto di questo ramo di fisica. Si potrebbe imporgli a buon dritto anche il nome di scienza delle procelle e delle mutazioni atmosferiche, poichè desso è appunto che si occupa nel rintracciar le cause ed il modo con cui sono originate e procedono.

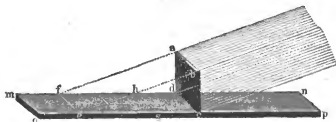
Se non che, anche in quei casi nei quali la nostra attenzione e lo studio ci additano, almeno con molta probabilità, l'origine e le reciproche relazioni delle differenti vicende atmosferiche, noi restiam tuttavia ben lontani dal saper quello che occorre per prevedere e determinare la formazione e la forza di un temporale. Non isfugge a dir vero alla nostra mente la cognizione di certe leggi regolari e costanti anche di mezzo alla forma che direbbesi capricciosa di tutti i fenomeni della natura; ma rispetto allo scopo pratico, e ai nostri desiderii e vantaggi, sembra che una provida legge ci abbia voluto tener in quella specie d'oscurità, ed incertezza che copre d'un benefico velo l'avvenire degli umani destini.

Parleremo quindi: della distribuzione del calore sulla superficie terrestre; della pressione atmosferica, e della origine dei venti; della umidità atmosferica, e delle apparenze ottiche e luminose dell'atmosfera medesima.

I. — Distribuzione del calore sulla superficie terrestre.

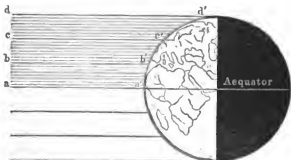
222. — Il sole è la sorgente unica del calore sensibile e misurabile che possiede la superficie terrestre, ed esso lo spande invisi-

bile e diffuso col mezzo de' raggi luminosi; infondendo anima e vita a quanto esiste quaggiù. La temperatura d'un luogo è innanzi tutto dipendente dal modo onde vien colpito da' raggi del sole. Ed oltre a ciò convien notare che i raggi calorifici solari i quali giungono sulla terra, vogliono esser considerati, attesa l'immensa distanza del centro dal quale emanano, come fra loro paralleli, e che, come, è facil capire, tanto più calda è una superficie, quanto è maggiore il numero di questi raggi che cadono sopra di essa. Nella figura 203 abbiamo appunto rappresentato un fascio pri-

Fig. 203.

smatico solare di raggi calorifici: *a b c d* segna una superficie, uguale alla sezione trasversale del fascio medesimo, per guisa che essendo essa situata ad angolo retto d'incontro ad esso, raccolga tutti quei raggi calorifici sopra se stessa. Si riscalderà perciò in proporzione del numero dei raggi onde viene colpita. Togliamo ora siffatto tramezzo ed osserveremo invece i detti raggi cadere obbliqui sovra un piano orizzontale *m n o p*, allargandosi sopra la superficie *d c e f*, la quale è grande tre volte più di quella del tramezzo che abbiamo levato *a b c d*. Avverrà pertanto che una terza parte di tal superficie, qual è quella compresa fra le lettere *c d g h*, la quale ha la medesima estensione di *a b c d*, non riceverà che la terza parte di calore che quest'ultima aveva ricevuto. La qual cosa dimostra che una data quantità di raggi calorifici non apporta la maggiore quantità di riscaldamento se non allora che raggi stessi cadono verticalmente; e che quanto più grande è la superficie su cui si spandono, o quanto è più piccolo l'angolo, ed obliqua la loro direzione, tanto minore è l'azione che esercitano sopra di essa. Da ciò si comprende come la neve si liquefaccia più facilmente sovra i tetti che sul terreno; e come il vino riesca più spiritoso dalle viti piantate sul pendio dei monti,

essendochè in queste località inclinate, il sole batte coi suoi raggi meno obliquo che non faccia sulle superficie orizzontali.

Essendo la terra dotata di forma sferica, ed inclinata per di più sul proprio asse, è cosa evidente che i raggi non la possono colpire da per tutto sotto angoli uguali. Si capirà quindi facilmente d'onde derivi il diverso riscaldamento della sua superficie. Nella fig. 204 vediamo parecchi fasci di raggi solari *ab*, *bc*, *cd*,

Fig. 204.

ognuno dei quali contiene lo stesso numero di raggi; ma nell'atto ch'essi colpiscono la superficie terrestre vi si distribuiscono in modo affatto disuguale. La regione *a' b'* è evidentemente più piccola che la regione *b' c'*, e di gran lunga minore che l'altra *c' d'*. Presso all'equatore fra *a'* e *b'*, ove i raggi cadono parte ad angolo retto, parte prossimi all'angolo retto, essi portano eziandio il massimo grado di calore: vicino ai poli fra *c' d'* invece lo recano in minimo grado perchè ivi cadono obliqui e si disperdono su d'una grande superficie. Infatti noi abbiamo per ciò sulla superficie della terra varie zone, distinte per diversa temperatura, vale a dire la zona torrida, la temperata e la glaciale, i cui confini verranno meglio designati nella parte astronomica.

Per la stessa ragione veniamo a comprendere come in conseguenza della posizione serbata dalla terra rispetto alla sua propria orbita, i raggi calorifici del sole, nelle diverse epoche dell'anno raggiungano e colpiscano il nostro globo sotto angoli diversi; ed oltrecciò come la durata dei giorni vada soggetta a maggiori variazioni, quanto più andiamo allontanandosi dall'equatore. Aggiungiamo a tutto ciò la non uguale capacità di riscaldamento che è propria dei differenti tratti di superficie terrestre, l'influenza delle elevazioni del suolo sopra il livello del mare, e finalmente

l'azione delle correnti dell'aria e delle acque, e ci farem capaci come la temperatura d'un paese non dipende soltanto dalla sua giacitura topografica, la quale non sarebbe un carattere atto a determinarla se non in via affatto approssimativa. Del che avremo più chiara dimostrazione più sotto.

223. — E primamente notiamo che i raggi del sole riscaldano nel massimo grado in sul meriggio, perchè a quell'ora sono meno obliqui; poscia, che nelle zone temperate la differenza fra la state ed il verno deriva per una parte dalla diversa durata dei giorni, per l'altra dal modo diverso col quale nelle due stagioni i raggi solari vengono a colpire la terra. Nell'estate la loro direzione s'accosta di più alla perpendicolare; nel verno per contro, sebbene la terra sia più vicina al sole di circa un milione di leghe, che non sia nell'estate, i raggi medesimi cadono sovr'essa obliquamente. Oltre a ciò in uno stesso punto geografico possono aver luogo rilevanti variazioni nelle varie ore della giornata, e molto più nei differenti giorni dell'anno. Tali variazioni si presentano più ragguardevoli quanto più ci allontaniamo dall'equatore. Infatti le differenze della temperatura dei mesi più caldi e dei più gelidi in Bogota che sta a 4° nord dall'equatore importano appena 2° del termometro centigrado; nel Messico (19° nord) questa differenza è di 8° c.; a Parigi (48° n.) di 27° c.; a Pietroburgo (59° nord) di 32 c.

Questi fatti ci conducono alla ricerca della quantità media della temperatura in certi determinati luoghi. Sotto il nome di *temperatura media* di una giornata s'intende il grado medio ottenuto dal complesso delle temperature più elevate e più bassa nelle 24 ore. Acciò un tal computo fosse attendibile è certo che sarebbe necessario osservare il termometro d'ora in ora ed anche a più brevi intervalli: ma pure l'esperienza ha dimostrato che può con sufficiente esattezza assicurarcene una serie di osservazioni fatte alle 7 del mattino, alle 2 pomeridiane ed alle 9 della sera dalle quali si deduce la media temperatura del giorno e da tali medie diurne ricavansi quelle di un mese, come da quelle dei mesi si desume quella dell'anno. .

Chi volesse tuttavia con precisione determinare lo stato più elevato e più basso del termometro entro un tempo definito, p. e. d'una giornata, dovrebbe stare osservando senza interruzione il termometro per tutte le 24 ore. Ma per buona sorte esiste uno stromento che lo assolve da sì noiosa e pesante fatica. Questo stromento è il *termometrografo* (fig. 205) che consiste in due

termometri collocati orizzontalmente. Il superiore è a mercurio, ed ha inchiusa dentro al suo tubo un asticciuola d'acciaio. Quando

Fig. 205.

il mercurio ascende, spinge quell'asticciuola davanti a sè, e la lascia poi al posto che ha preso quando esso stesso ridiscende. In tal modo lo stromento indica la temperatura più alta, ossia il *maximum*. Il termometro inferiore a canna curva è di quelli ad alcool colorato; e tiene nella sua cavità un corpicciuolo di diversa specie del precedente, cioè un leggiero cilindretto di vetro con estremità un po' rigonfiate. Quando l'alcool si ritira per l'abbassamento della temperatura, trascina seco quel cilindretto che gli resta attaccato per semplice adesione.

Più tardi se la temperatura si rialza, l'alcool lo sormonta, e passa oltre senza trascinarlo seco, lasciandolo al suo posto, di modo ch'esso porge il certo indizio della temperatura più bassa, ossia del *minimum*. Prima però d'adoperare questo stromento è mestieri inclinarlo dal lato corrispondente, e con colpi leggieri far sì che i due corpicciuoli si portino a contatto col fondo superiore della colonna di mercurio o d'alcool racchiuso nel tubo.

224. — Risultamento di lunghe osservazioni fatte entro le zone boreali temperate, quali sono queste de' nostri paesi, è il seguente: che in media il mese di luglio è il più caldo, l'ultima metà di gennaio e la prima di febbraio il periodo più freddo dell'anno: e di questi due estremi sarebbe il giorno 26 luglio quello che presentò la temperatura più elevata, il 14 febbraio la più bassa. Le temperature medie si sarebbero osservate al 24 aprile, ed al 21 ottobre. Relativamente alle stagioni nelle nostre contrade vale la seguente a tutti nota distribuzione de' mesi: *Primavera* — marzo, aprile e maggio — *Estate* — giugno, luglio, agosto — *Autunno* — settembre, ottobre, novembre — *Inverno* — dicembre, gennaio e febbraio.

Lo specchio seguente varrà a dare qualche notizia intorno alla relazione notata in diversi luoghi tra la temperatura e la latitudine loro.

LUOGO	LATITUDINE	ALTEZZA sopra il livello del mare *metri*	TEMPERATURA MEDIA n. C.		
			dell'Anno	dell'Inverno	dell'Estate
Isola Melville	74 N.	—	— 18,7	— 33,5	2,8
Jakutzk	62 »	117	— 9,7	— 38,9	17,2
S. Bernardo	45 »	4843	— 1,0	— 7,8	6,1
Pietroburgo	59 »	—	3,5	— 8,4	15,7
Königsberg	54 »	—	6,2	— 3,3	15,9
Berna	46 »	585	7,8	— 0,9	15,8
Berlino	52 »	39	8,6	— 0,8	17,3
Monaco	48 »	526	8,9	— 0,4	17,4
Genf	46 »	396	9,7	1,2	17,9
Francoforte al Meno .	50 »	117	9,8	1,2	18,3
Vienna	48 »	156	10,1	0,2	20,3
Varsavia	52,13	121	4,5	— 2,5	17,5
Londra	51 »	—	10,4	4,2	17,1
Edimburgo	55,57	88	8,6	3,6	14,4
Parigi	48 »	64	10,8	3,3	18,1
Bordeaux	44 »	—	13,9	6,1	21,7
Bruxelles	50,51	58	10,1	2,5	18,2
Roma	41 »	—	13,9	6,1	21,7
Milano	45,28	131	11,6	1,9	21,5
Torino	45, 4	279	11,7	0,8	22,0
Venezia	45,26	—	13,7	3,3	22,8
Bologna	44,30	82	14,2	2,8	25,2
Firenze	43,47	64	15,3	6,8	24,0
Napoli	40,51	55	16,7	9,9	23,9
Palermo	38, 7	55	17,2	11,4	23,5
Nizza	43,42	—	15,6	9,3	22,5
Algeri	31,34	—	17,8	12,4	23,6
Tunisi	36,48	—	20,3	13,2	28,3
C. di Buona Speranza.	33 S.	—	19,2	14,8	23,4
Calcutta	22,35 N.	—	25,5	19.9	28,5

Quantunque nel maggior numero le temperature esposte in questo specchio confermino il fatto che quanto un luogo è più

prossimo all'Equatore, tanto più elevata è la temperatura media, vi troviamo tuttavia non poche eccezioni: vediamo cioè presentarsi l'influenza dell'altezza sopra il livello del mare, come causa di abbassamento, quali ce lo dimostrano le differenze fra Parigi e Monaco, sebbene posti sotto il medesimo grado di latitudine. Inoltre la temperatura d'un paese soffre diminuzione a cagione dei forti venti e dalle folte piantagioni, in quanto le medesime non influiscono soltanto sul minore riscaldamento della terra, che rimane da esse coperta e sottratta dai raggi del sole, ma sì anche a cagione della irradiazione del calore che emettono durante la notte, la quale promuove la svaporazione dell'acqua e quindi determina nuova sottrazione di calorico.

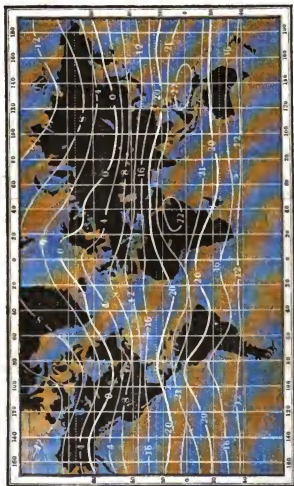
Un'altra azione potente viene a questo riguardo esercitata dalla presenza di acque. Premettiamo innanzi tutto, che la terraferma e in ispecie quella di superficie arida e nuda, viene più fortemente riscaldata dai raggi solari che non sarebbe una superficie d'acqua posta in eguali circostanze. I mari e tutte le grandi masse d'acqua che circondano parti di terra proporzionatamente ristrette, somministrano alle medesime quel clima equabile ed uniforme che suol riscontrarsi lungo le coste d'un continente, vale a dire estati abbastanza fresche e dolci inverni; intantochè nell'interno dei grandi continenti le estati son calde e freddi gl'inverni.

Si suole perciò distinguere un clima *terrestre* da un clima *marittimo*, che è quanto dire *continentale* o *litorale*. Quest'azione contemperante dell'acqua dipende da ciò che una porzione di calorico viene impiegata nella evaporazione, mentre durante la notte non havvi emissione di calorico raggiante come avviene sulla terraferma.

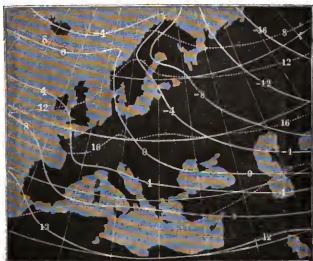
Le conseguenze di codesta influenza sono perciò importantissime per la vegetazione; come si può veder dagli esempli che seguono: a Jakutzk in Siberia ove la media temperatura dell'anno è — 9, 7° c., quella del verno di — 38, 9° nel breve e caldo estate ad una temperatura media di 17, 0° c. si matura il frumento e la segala, mentre in Islanda con una temperatura annuale più elevata, e meno soggetta agli eccessivi rigori invernali, i grani non giungono a maturazione per effetto della temperatura estiva, la quale rimane costantemente troppo bassa. — Nella stessa Irlanda e nelle coste meridionali d'Inghilterra domina un clima temperato ed equabile, atto a svernarvi in piena terra il mirto, la camelia e la fuchsia: ma che non permette tuttavia vi prosperi la vite, il ciliegio e qualch'altro albero fruttifero, i quali non possono con-

durre a maturità sufficiente i loro prodotti a cagione del troppo scarso calor dell'estate.

225. — Riunendo pertanto col mezzo di linee immaginarie tutte

Fig. 206.

le località terrestri a seconda della loro uguaglianza di temperatura annuale, come si vede nell'annessa figura 206, la quale offre

il prospetto della superficie del nostro pianeta sotto una proiezione equatoriale, si avranno le così dette *linee isotere*, che indicano l'uniforme distribuzione del calore medio annuale. Ivi presentansi in evidenza allo sguardo le condizioni dichiarate poc'anzi, e vi si mostra pure come le linee isotere sieno tutt'altro che parallele ai gradi di latitudine, ma invece formino delle curve assai risentite. Un compimento di questa figura ben più importante troveremo in quella che segue, 207, nella quale le linee passano per quei luoghi che godono di simile temperatura media d'inverno e che si appellano *isochimene*.

Fig. 207.

Per ciò che riguarda le linee *isotere* le abbiamo distinte mediante puntini, e sono quelle che rappresentano le medie del calore estivo. Da esse sarà posto in chiaro come alcuni paesi che sono fra loro somiglianti per la media temperatura annuale presentano tuttavia dei grandi divarii rispetto all'estate ed al verno, e di conseguente condizioni di clima e di vegetazione differentissime.

E infatti le condizioni climaterichel hanno la più grande efficacia sulla distribuzione geografica degli esseri organizzati. Molti animali, sopratutto i mammiferi, i quali non possono compiere migrazioni sì lontane come gli uccelli, evitano il soggiorno di climi

estremi. Se si faccia passare una curva per i punti che limitano al nord la superficie terrestre abitata da questi animali, si vedrà che essa coincide press'a poco colla curva *isochimena*, come dimostrò C. Ritter nella sua carta ov'è segnata la distribuzione dei mammiferi selvatici e domestici d'Europa. Le stesse osservazioni possono applicarsi alla distribuzione dei vegetabili, qualora però si faccia distinzione fra quelli che non sono che annui, e gli alberi perenni. Questi non possono al paro delle piante erbacee o degli arboscelli resister così efficacemente ai rigori del verno. I vegetabili annui e sovratutto i cereali non sono da questi impediti purchè sia bastantemente caldo il periodo durante il quale si sviluppano, e perciò i loro limiti settentrionali sono paralleli alle linee *isotere* anzichè alle *isochimene*.

Le osservazioni concordano nello stabilire, che gli stati meteorologici estremi, quali p. e. gli eccessivi freddi invernali, non si estendono mai sovra tutto un emisfero; ma che esiste per l'azione simultanea di condizioni locali una tal quale compensazione, da lasciar concludere, che le quantità di calore, ricevuto annualmente dalla terra per mezzo del sole, si conguagliano costantemente.

226.—Tutte queste considerazioni si devono riferir allo studio della temperatura dell'aria, la quale è ben altra cosa della *temperatura del suolo*. Abbiamo già espresso più sopra che la conformazione della sua superficie ha in ciò una gran parte: tanto che mentre una folta copertura di piante serve ad abbassar il calore di una contrada, una terra arida, nuda, sabbiosa o sassosa rimane fortemente riscaldata dai raggi solari. Infatti il calore dei deserti africani s'innalza fino a 40-48° R. Tuttavia essendo la massa della terra un cattivo conduttore di calorico, questo non vi penetra che a poco a poco, e ad una piccola profondità; ond'è che a circa 70 centimetri sotterra, il termometro non segna più le variazioni giornaliere, ma soltanto le annuali. — Più profondamente ancora queste pure scompaiono, e vi domina costante una temperatura che corrisponde alla media dell'anno che è propria di quel luogo medesimo.

Inoltrandosi più a fondo ancora si presenta una temperatura tutta speciale e indipendente affatto dall'azione solare, la quale aumenta in ragione diretta della profondità, finchè a 10,000 piedi si incontra il calore dell'acqua bollente, e ove procedesse nell'ugual proporzione dovrebbe elevarsi ad un grado superiore a quello che noi possiamo immaginare, non che produrre nelle nostre fornaci; ma di ciò ci riserviamo a parlar nella parte geologica.

227. — Se all'opposto, sia per mezzo d'un pallone aereostatico, sia salendo la cima d'alta montagna, noi ci solleviamo nell'aria, vi troviamo una *diminuzione costante di temperatura nelle alte regioni atmosferiche.* L'aria per la sua poca densità non viene ivi riscaldata se non in debolissimo grado da'raggi del sole, nè acquista un certo calore se non per riverbero della terra che si comporta come fanno le stufe. Si potrebbe forse supporre, che analogamente a quanto avviene nelle nostre stanze, l'aria più calda salisse. E questo fatto invero si compie realmente, ma soltanto in modo parziale; perchè mentre l'aria si dilata col riscaldarsi, il calore viene a combinarsi con essa e si rende latente (V. § 155) e con ciò la temperatura discende. Egli è per questo che sulle alte montagne troviamo la regione delle nevi eterne, i cui confini sono tanto più alti quanto più caldo è il paese sottostante. Sulle Alpi, ad una elevazione di 750 piedi parigini si ha un grado di meno R. di temperatura; il confine inferiore delle nevi eterne vi è ad 8,350 piedi; sull'Himalaya è a piedi 12,000, a Quito a 15,320 piedi.

II. — Della pressione atmosferica e dei venti.

Nel § 103, trattando del barometro, abbiamo detto com'esso sia un mezzo per misurare la pressione atmosferica. L'ascendere e il discendere della sua colonna di mercurio ci fa palese che la pressione medesima ora è maggiore ora minore. Donde procedono queste variazioni? Certo provengono principalmente dai cangiamenti di temperatura succedentisi nelle diverse regioni dell'atmosfera: perciocchè nei paesi tropicali, ove la temperatura è uniforme, le oscillazioni barometriche sono assai meno sensibili che non fra noi. Nei siti dove l'aria sia in un luogo qualunque assai riscaldata, essa si dirada e diventa specificamente più leggiera, si trasporta verso le vicine regioni più fredde e si diffonde per esse. Quindi in quel luogo medesimo la pressione diminuisce, la colonna di mercurio conseguentemente discende più basso che nei siti più freddi circonvicini, ne'quali esercita la sua azione un'atmosfera più densa e pesante.

228. — La prossimità di masse d'aria più fredde e più calde dà sempre luogo ad un movimento, che abbiamo già notato nel § 136, parlando di quel tiro d'aria che si rende sensibile a tra-

verso la fessura della porta semiaperta d'una camera riscaldata, e che in proporzioni più vaste, nel gran dominio dell'atmosfera, si conosce col nome di *vento*. Perciò vediamo una corrispondenza molto intima fra il termometro ed il barometro, e la direzione dei venti; vale a dire tra la temperatura, il peso dell'aria e lo spirare dei venti.

I venti che nelle nostre regioni arrivano dal Sud e Sud-ovest, portano correnti d'aria calda, e sono d'ordinario prenunciati da un abbassamento del barometro, come altresì dal volgersi della banderuola, e dall'innalzarsi del termometro. Quando invece spirano correnti d'aria fredda del Nord o Nord-est, si osserva l'innalzarsi del barometro, e l'abbassarsi del termometro e della temperatura. La qual cosa accade più frequente nel verno che nell'estate; perchè in quest'ultima stagione all'accresciuta quantità di vapor acqueo che è effetto dell'aumentato calore, si aggiunge la tensione del vapore stesso alla pressione atmosferica, e produce in tal guisa uno stato barometrico più elevato.

I venti che spirano violenti dall'Ovest, dal Sud, e dal Sud-ovest, strisciando prima sovra paesi caldi e sui mari, ci apportano correnti d'aria pregne di vapori acquosi i quali pervenuti nelle regioni più fredde si rapprendono e precipitano in forma di pioggia. Per l'opposto i venti del Nord, Nord-est, ed Est, essendo trascorsi a traverso vaste contrade più fredde ed a campi di ghiaccio, ci arrivano del pari apportatori di freddo ed asciutti.

Nella maniera con cui sogliono avvicendarsi i venti, si è notata una certa legge di ricorrenza: al vento d'Est segue d'ordinario quello di Sud-est, poscia il Sud e Sud-ovest, l'Est e il Nord-ovest, il Nord e il Nord-ovest, finalmente di nuovo l'Est. Frammezzo, a dir vero, si osserva non di rado una specie di rimbalzo dei venti; p. e. dall'Ovest al Sud-ovest o Sud, di rado però in senso contrario, cioè sull'Est, Nord-est e Nord.

229. — È maravigliosa poi la regolarità che mostrano i venti così detti *periodici*, tra i quali sono da notare gli *alisei* ed i *monsoni*. I primi regnano principalmente nell'Oceano Atlantico, e si estendono per alcune centinaia di leghe dall'uno e dall'altro lato dell'equatore; al di là del qual limite, perdendo forza la causa che diede loro origine, ed avendo luogo l'incontro di altre correnti aeree, non sono più sensibili i loro effetti. La costanza di siffatti venti in alto mare fece da molto tempo pensare ch'essi avessero relazione col gran fenomeno della rotazione della terra, e La Place ne diede infatti la spiegazione seguente.

Il sole, posto nel piano dell'equatore, o verso l'uno o l'altro dei tropici, riscalda necessariamente l'aria di quelle regioni più che quella delle altre zone. Quest'aria infocata s'innalza, il suo posto viene occupato da correnti d'aria fredda che si recan dai poli verso l'equatore. La rotazione della terra imprime a queste nel tempo stesso una direzione parallela all'equatore, per modo che gli alisei divenuti la risultante delle due direzioni, prendono nell'emisfero boreale quella verso il Nord-est, e nell'australe verso al Sud-est. In sul confine ove le due correnti si toccano, esse si elidono scambievolmente, in modo da costituire una regione intermedia, o delle *calme* che le divide l'una dall'altra. Questi venti regolari fanno sentire, come abbiam detto, la loro forza a molte leghe di distanza dal litorale e riescono così di potente aiuto ai naviganti. — Cristoforo Colombo, nel 1492, fu appunto spinto dalle Canarie traverso l'Atlantico da questi venti medesimi, e potè per essi avverare la sua immortale previsione.

Nell'Oceano Indiano poi regnano altri venti regolari che periodicamente si alternano, e sono detti *monsoni*, il che in lingua malese suona *stagioni*, perchè soffiano in certe determinate stagioni. Essi furono fatti noti agli Europei del greco Ipalo, ed anche la cognizione loro tornò di somma utilità ai naviganti. Da aprile fino ad ottobre domina il Sud-ovest, nelle altre stagioni il Nord-est; la spiegazione del fatto è fondata, come per i venti alisei, sulla produzione di due correnti d'aria contrarie, l'una d'aria fredda inferiore, l'altra d'aria calda superiore. La direzione poi di queste correnti deve cambiare necessariamente, secondo che il sole si porta nel suo moto apparente verso l'uno o l'altro dei tropici.

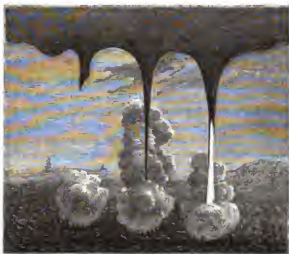
Sulle coste marittime s'incontrano del pari dei venti regolari di *terra* e di *mare*, che chiamansi *brezze*. Dopo il levar del sole tira un vento dal mare verso la costa, perchè ivi è l'aria più presto riscaldata che non è l'acqua, e quindi l'aria che corrisponde a questa si precipita verso quella di terra che si va rarefacendo. — Al tramonto, e più tardi, avviene il contrario, perchè la terra si raffredda più presto, e l'aria ivi condensandosi corre verso l'atmosfera dell'acqua. All'entrata d'una valle si nota soventi un fenomeno analogo.

Le *tempeste* e gli *uragani* non sono che venti d'una velocità prodigiosa, i quali in un secondo posson trascorrere ben 150 piedi di spazio, e che assumono la loro veemenza specialmente dall'improvviso addensarsi del vapore acqueo contenuto in una parte dell'atmosfera, e dal precipitarsi impetuoso dell'aria in quello

spazio divenuto più rarefatto. Il fenomeno è sempre accompagnato perciò da una rapida discesa del barometro, e bene spesso altresì da questa prenunziato.

Fra i tropici si scatenano talvolta uragani di una spaventosa violenza, che sotto il nome di *tornados* si muovono in forma spirale e nelle devastazioni che producono, spiegano una potenza veramente incredibile.

I *turbini*, i *sioni*, le *trombe* che appartengono a questa fatta di venti, si manifestano quando impetuosi venti spinti in senso contrario s'incontrano, mettono in moto vorticoso tutto quanto incontrano, e lo trasportano nell'aria. Quando hanno luogo sulle

Fig. 208.

acque danno formazione alle così dette *trombe marine* (fig. 208), la di cui azione è spesse volte causa di gravissimi danni.

Venti variabili locali. — È quasi impossibile che l'atmosfera non sia agitata e non offra perenni oscillazioni per tutti i versi. I venti accidentali quindi sono senza numero e si designano per solito col nome dei punti cardinali donde spirano. Qualche volta, in tempo di procella, si scatenano da opposte parti contemporaneamente. Quanto più siamo lontani dall'equatore tanto più essi sono variabili, perchè meno legati ai grandi fenomeni astronomici, ma sono anche meno violenti. La quasi perfetta calma che scorgesi

vicino ai poli permette di sopportare il freddo intenso di quelle regioni le quali coi venti sarebbero al tutto inaccessibili. In molti luoghi certi venti hanno ricevuto denominazioni speciali.

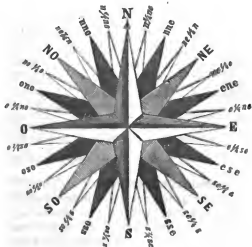
Dicesi *bòrea* il vento del nord, sempre freddo ed asciutto.

Mistrale è il vento del nord-est, che soffia con violenza sulle coste del Mediterraneo.

L'*harmattan* è il vento che spira sulle coste della Guinea, asciutto e caldo, accompagnato da un nuvolo di sabbia, nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio.

Il *simùn* soffia dal nord e imperversa nel gran deserto di Sahara, dove solleva ed appiana a vicenda enormi monti di arena. È il più secco e caldo di tutti i venti, ed uccide uomini ed animali allorchè dura qualche tempo.

Lo *scirocco* è il vento sud-est, che dall'Africa spira fin oltre al Mediterraneo nelle isole di Malta e di Sicilia, e conserva tanto calore da far ascender in un tratto il termometro fino a 40 gradi

Rosa dei venti. — fig. 208, *bis*.

La così detta *rosa dei venti* che trovasi ordinariamente annessa alla bussola dei marinai mostra come i moderni sogliano dai punti cardinali segnare i venti in 32 eguali sezioni, dette *rombi*, che servono ai naviganti per indirizzare il loro corso in alto mare.

NOMI DEI VENTI

NOMI ITALIANI	NOMI INGLESI	NOMI FRANCESI
Tramontana.	**North (N).** . . .	**Nord (N).**
Tramontana 1/4 a Greco. .	N. by E.	N. 1/4 N. E.
Greco-Tramontana. . . .	N. N. E.	N. N. E.
Greco 1/4 a Tramontana. .	N. E. by N. . . .	N. E. 1/4 N.
Greco.	N. E. (*North-East*).	N. E. (*Nord-Est*).
Greco 1/4 a Levante. . . .	N. E. by E. . . .	N. E. 1/4 E.
Greco-Levante.	E. N. E.	E. N. E.
Levante 1/4 a Greco. . . .	E. by N.	E. 1/4 N. E.
Levante.	**East.**	**Est.**
Levante 1/4 a Scirocco. . .	E. by S.	E. 1/4 S. E.
Scirocco-Levante.	E. S. E.	E. S. E.
Scirocco 1/4 a Levante. . .	S. E. by E. . . .	S. E. 1/4 E.
Scirocco.	S. E. (*South-East*).	S. E. (*Sud-Est*).
Scirocco 1/4 a Ostro. . . .	S. E. by S. . . .	S. E. 1/4 S.
Ostro-Scirocco.	S. S. E.	S. S. E.
Ostro 1/4 a Scirocco. . . .	S. by E.	S. 1/4 S. E.
Ostro.	**South.**	**Sud.**
Ostro 1/4 a Libeccio. . . .	S. by W.	S. 1/4 S. O.
Ostro-Libeccio.	S. S. W.	S. S. O.
Libeccio 1/4 a Ostro. . . .	S. W. by S. . . .	S. O. 1/4 S.
Libeccio.	S. W. (*South-West*).	S. O. (*Sud-Ouest*).
Libeccio 1/4 a Ponente . .	S. W. by W. . .	S. O. 1/4 O.
Ponente-Libeccio.	W. S. W. . . .	O. S. O.
Ponente 1/4 a Libeccio . .	W. by W. . . .	O. 1/4 S. O.
Ponente.	**West.**	**Ouest.**
Ponente 1/4 a Maestro. . .	W. by W. . . .	O. 1/4 N. O.
Ponente-Maestro.	W. N. W. . . .	O. N. O.
Maestro 1/4 a Ponente. . .	N. W. by W. . .	N. O. 1/4 O.
Maestro.	N. W. (*North-West*).	N. O. (*Nord Ouest*).
Maestro 1/4 a Tramontana. .	N. W. by N. . .	N. O. 1/4 N.
Maestro-Tramontana. . .	N. N. W.	N. N. O.
Tramontana 1/4 a Maestro.	N. by W. . . .	N. 1/4 N. O.

230. Della umidità atmosferica. — La quantità d'acqua che si contiene nell'aria dipende non solo dalla temperatura di questa, ma più ancora dalla presenza di sufficienti masse d'acqua che diano luogo ad evaporazione. Sui mari delle regioni calde un metro cubico d'aria contiene più di vapor acqueo che una misura uguale delle fredde steppe dell'Asia del Nord, o degli infocati, ma privi d'acqua, deserti dell'Africa. Suol dirsi che l'aria è *satura* di vapore, allorchè essa ne racchiude tanta copia quanta può tenerne disciolta allo stato di sua temperatura. L'aria è *umida* quando s'accosta a questa condizione; *asciutta* se ne possiede minor quantità. Da

ciò si spiega come l'aria riscaldata dal sole, che noi riteniamo per asciutta possa accoglier tuttavia nello stesso spazio più acqua di quello che l'aria umida nelle fredde stagioni.

Quando l'aria è saturata di vapore acqueo, non può più assorbirne quantità ulteriori, nè l'acqua posta entro il suo ambiente, può più esser trasformata in vapore, ond'è che più non diminuisce. Ma la facoltà di rattenere una maggior quantità di vapore essa la acquista quando la sua temperatura s'innalza. Noi possediamo diversi mezzi per giudicare della quantità del contenuto acqueo nell'aria, tale sarebbe, p. e., il sale di cucina, che appropriandosi l'umidità atmosferica diventa umido e deliquescente come fa la potassa. Ed in un modo anche più pronto ed efficace il vapore acqueo viene assorbito dal cloruro di calce, dall'acido solforico concentrato, e da altre sostanze avide d'acqua.

V'ha dei corpi i quali nell'atto che attraggono l'umidità mutano forma. Tali sono i corpi porosi e specialmente quelli forniti di elementi così conformati da dar luogo al fenomeno della capillarità, come sarebbero le fibre d'una pianta, i capelli, la lana, le minugie. I capelli ricciuti si distendono all'aria umida e diventano ricascanti. Il rammollimento degli alberi, la perdita di sonorità delle corde armoniche, ed altre simili eventualità della stessa natura servono di conferma a questo fatto; ond'è che si trasse profitto di cosiffatte sostanze per farne apparecchi destinati a riconoscere lo stato umido dell'atmosfera i quali prendono nome *d'igrometri*. Di tal genere è *l'igrometro a capelli*, nel quale a seconda della maggiore o minore tensione d'un capello umano si mette in movimento una lancetta che segna il grado maggiore o minore di umidità dell'aria. Però nessun miglior modo di scoprirla, quanto quello di far entrare un volume ben misurato di aria in un tubo, che contenga uno dei corpi indicati di sopra che hanno la proprietà, come il cloruro di calcio, di attirare e ritenere avidamente il vapor acqueo, assoggettandolo poi ad una misurazione accurata.

Fig. 209.

Anche il *Psicrometro* (fig. 209) serve molto bene a questo oggetto. Lo stromento è composto di due termometri all'uno dei quali vien coperto il bulbo mediante un pezzetto di pannolino bagnato d'acqua. Se l'aria circumambiente è perfettamente saturata di vapor acqueo, i due termometri staranno allo stesso livello; se poi ne contenesse in minor quantità ne nascerebbe sul bulbo bagnato una evaporazione, che dando luogo ad un abbassamento di temperatura farebbe discendere il mercurio dello stromento, al disotto del livello dell'altro. E questa differenza sarebbe tanto maggiore, quanto fosse più secca l'aria e maggiore per conseguenza l'evaporazione.

231. — Quando l'aria saturata di vapor acqueo vien rinfrescata (come accade per effetto del vento), essa necessariamente non è più atta a tener sciolta la stessa quantità d'acqua di prima; una parte della medesima si condensa e si rende visibile sotto forma di *nebbia*, qualora l'abbassarsi del vapore si effettui in vicinanza alla terra; ovvero sotto quella di *nubi* se ciò avviene in regione più alta. Questa formazione di nebbia la vediamo in piccole proporzioni ad ogni nostra espirazione, quando l'aria rigettata dai nostri polmoni pregna di vapore acquoso viene esalata in un'atmosfera più fredda. La nebbia e le nubi risultano pertanto da una innumerevole quantità di *cavi globetti*, o vescichette di acqua; le quali quantunque più pesanti dell'aria, non perciò cadono immediatamente in terra al primo formarsi, ma simili alle bolle di sapone rimangono sospese nell'aria talvolta per lungo tempo, e vengono trasportate da uno in altro luogo.

Si diede alle nubi nome speciale a seconda della forma che prendono, cioè di *nubi pennate*, *ammonticchiate*, *stratificate*, le quali alla lor volta si distinsero in varietà di *cirri*, *cumuli*, *strati*, *pecorelle*, *ecc.* Le prime fra tutte queste sono quelle che visibilmente vanno formandosi in un cielo sereno; le globose o ammonticchiate presagiscono serenità quando si decompongono in nubi pennate, le quali poi sogliono occupare le più sublimi regioni del cielo, sovra alle più alte montagne, calcolandosi la loro distanza in altezza a ben 20,000 piedi.

232. — Nasce la pioggia ogni qual volta le nubi non sono trattenute dai venti dal calare nei più bassi strati dell'aria già saturata d'umidità, cosicchè le lor bollicine, col depositarsi di nuove particelle acquee, s'ingrossano tanto da formarsi in goccie, che cadono rapide sulla terra, ed aumentano di mole cammin facendo nella discesa.

La quantità d'acqua somministrata dalla pioggia nello spazio d'un anno ad un paese, ha notabile azione sul suo clima, sulla sua ubertosità, e salubrità. Essa dipende dalla posizione, altezza e temperatura del luogo, ed è nell'interno de' gran continenti assolutamente minore, che non sia nelle regioni litorali e nelle isole. Per conoscere quanto di pioggia cada nel corso d'un anno sogliònsi adoperare particolari stromenti, a cui si pose il nome di *pluviometro*, o *jetometro*, od *ombrometro;* coi quali si ottiene una colonna d'acqua che indica fino a quale altezza sarebbe il suolo rimasto coperto d'acqua, se questa non fosse stata assorbita o svaporata; secondo i varii paesi una tal quantità si trova in proporzioni fra loro assai diverse. Nell'interno dell'Africa, astrazione fatta dal deserto di Sahara, si stende fino al confine dell'Asia occidentale, e uguaglia quasi in estensione il continente Europeo, una vasta regione che è affatto sprovvista di pioggia. Del pari l'interno dell'Asia ne racchiude una simile. L'America ha anche essa alcune minori contrade nelle Coste orientali, nel Messico, nel Perù e nel Chilì, ove non piove mai.

Parecchie circostanze locali contribuiscono a render varia la quantità d'acqua che cade nei diversi paesi. A Parigi l'altezza di essa fu calcolata di m. 0,564. A Bordeaux di $0^m,150$, a Madera $0^m,767$, all'Avana di $2^m,32$, a S. Domingo $2^m,73$.

In un'opera intitolata *Prospetto del clima dell'Italia* il signor Schouw, ha diviso in quattro zone principali le nostre contrade, sotto il riguardo jetografico (*della pioggia*). La prima è la zona Alpina, la seconda la Traspadana, la terza la Cispadana, e la quarta la zona degli Apennini. La quantità media di pioggia in ciascheduna è come segue, espressa in millimetri.

REGIONI	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO
Alpina	321	394	480	301
Transpadana	210	229	291	197
Cispadana	137	137	219	140
Apenninica	210	121	321	263

Dalle osservazioni raccolte nei varii punti del globo, risulta che in Europa la media dei giorni piovosi cresce verso il nord; in Germania predominano le pioggie estive, dacchè sovra 80 giorni di pioggia in tutto l'anno, ben 42 sono appartenenti all'estate e

38 all'inverno. Le prime sono di gran lunga più abbondanti che le seconde, tanto da somministrare doppia quantità d'acqua delle invernali. In Italia il predominio delle pioggie si manifesta in primavera, e in autunno.

Nelle regioni tropicali è veramente prodigiosa la quantità di pioggia nella stagione che tien luogo del nostro inverno. In talune di quelle poste presso il mare si può ammettere che essa arriverebbe in ciascun anno all'altezza dai 130 ai 190 centimetri, ed è da avvertire che tali diluvii si effettuano soltanto nel corso di pochi mesi e per due o tre ore al giorno. Le goccie d'acqua, hanno un volume enorme, sono fitte, e cadono con grandissimo impeto. Ma se si penetra nell'interno dei continenti, ovvero si ascende a grandi elevazioni, la quantità di pioggia diminuisce notevolmente. A Seringapatam nelle Indie, e a Bogota in America è appena superiore a quella che si osserva in Germania.

La *neve* si forma allorquando le particelle dell'acqua, onde son formate le nubi, giungono in regioni atmosferiche tanto elevate e fredde, da convertirsi in piccoli cristalli di ghiaccio. Allora si dispongono in guisa di aghi che raggruppandosi fra loro, assumono forme molto regolari e graziose (v. fig. 210).

Fig. 210.

A ciascuna serve come di nucleo una stella regolare a sei raggi. La neve che cade, appena giunta agli strati più caldi d'aria in parte fondendosi perde la prima forma e si agglomera in quegli ammassi irregolari, che si presentano a guisa di lanosi fiocchi. La quantità di essa varia secondo la latitudine dei paesi, essendo in relazione assai stretta colla temperatura. Perciò, mentre nelle regioni polari, la pioggia consiste sempre in caduta di neve, nelle intertropicali non nevica mai, tranne sulle elevate cime de' monti.

In quanto spetta alla *grandine* è difficile da spiegare come nel bel mezzo dell'estate, e sotto la sferza dei più intensi calori si formino da nere nubi immense masse di ghiaccio in forma di piccoli nocciuoli. Si ammette che in quelle nubi si trovi del vapor acqueo, il quale senza aver tempo di condensarsi regolarmente, si congeli in un'aria agitata ad un grado di temperatura che è

sotto al punto dello zero termometrico; che formato in fiocchi, analoghi a quei della neve, questi scendano dagli alti strati delle nubi, indurati già al modo di grani d'orzo, e cadendo si ingrossino per deposizione successiva di nuovo vapore agghiacciato, che ne aumenta il volume durante il tragitto fino a comporne dei pezzi che pesano talvolta un quarto, un terzo di chilogr., apportatori di grandi devastazioni a quel suolo su cui si precipitano. Tale fu il temporale che nel 1788 devastò la Francia dai Pirenei all'Olanda, e distrusse in 6 ore le rendite di 1039 Comuni, con danno calcolato a 24 milioni di lire. E memorabile pure in Italia fu la grandine che devastò la città di Padova il 26 agosto del 1834, così per la grossezza straordinaria dei grani, come pel danno recato in poche ore a tutte le tegole delle case, che furono letteralmente sfracellate.

La grandine nei nostri climi cade principalmente in primavera ed in estate, e di preferenza nelle ore più calde della giornata. È prenunziata da gonfii nuvoloni grigiastri, ed accompagnata da un crepitio particolare.

Rugiada e *brina*. Dopo il tramonto, la superficie della terra irraggia agli spazi celesti il calore ricevuto durante il giorno, e ciò spesso è cagione che essa si raffreddi notevolmente, che i vapori disciolti ed esistenti negli strati più bassi si addensino in acqua, e si depositino sugli oggetti in forma di ciò che chiamasi *rugiada*.

E siccome le piante e le erbe principalmente hanno una potenza di raggiamento calorifico maggiore di quella del suolo e delle pietre, così son esse gli oggetti che sul mattino se ne veggono più copiosamente cospersi. E parimenti, essendo che il cielo nuvoloso frappone ostacolo all'irradiazione del calore, ne segue che nelle notti nuvolose, non si vede rugiada, come non se ne trova indizio in quei tratti di terra che sono coperti da tende, da panche, da tavole ed altri simili impedimenti.

Quando gli oggetti su cui essa deponsi hanno una temperatura inferiore al congelamento, la rugiada pure convertesi in ghiaccio e allora assume la forma di *brina*.

233. Fenomeni luminosi nell'atmosfera. — Il bell'azzurro del cielo sereno è dovuto alla presenza di quel velamento d'aria che circonda la terra; perchè le molecole aeree nell'atto che riflettono la luce del sole e la diffondono, non soltanto danno luogo alla lucidità dell'atmosfera, ma compartono altresì al cielo la particolare sua tinta, col riflettere che fanno la luce azzurra. Se

non esistesse l'aria, o non fosse trasparentissima, tutto l'immenso vano celeste ci apparirebbe nero. E infatti guardato dalla cima di alte montagne questo azzurro diventa più cupo, in conseguenza della maggior tenuità dello strato atmosferico, che lascia trasparire il fondo nero degli spazi del cielo. Si avverte lo stesso fenomeno anche quando si guarda verticalmente sopra il proprio capo invece che verso l'orizzonte, perchè in questo secondo atteggiamento la vista attraversa uno strato d'aria di ben maggiore estensione che non sia quello che si trova sopra di noi. Gli oggetti lontani, e in ispecie le montagne, acquistano una tinta cerulea a cagione dello strato d'aria che le separa dal nostro sguardo, e questo carattere ci fa distinguere le distanze loro, tanto nella visione delle cose reali, quanto nel raffigurarcele colla pittura.

Ma se molto vapor acqueo si trovi sospeso nell'atmosfera, si avrà riflessione di luce bianca, e il cielo apparirà d'un azzurro più pallido, quasi che un bianco velo lo ricoprisse. Se per converso i vapori siano disposti a strati, di sfumature e densità diverse, come si mostrano il mattino e la sera, il cielo assumerà quella vaga tinta gialla, o rosea che forma uno de' più bei fenomeni dell'alba e del tramonto. Il rosso mattutino suol esser foriero di più tarda pioggia, il rosso vespertino di un venturo giorno sereno.

234. **L'Iride** od **Arco baleno** è una magnifica apparizione, anche per la sua biblica importanza tanto singolare e interessante che ferma sempre la nostra attenzione con nuovo allettamento. Nessuno ignora che alla produzione di un tal fenomeno sono necessarii la pioggia ed il sole; quindi è chiaro che la causa che lo genera si è la refrazione e la scomposizione della luce, in modo analogo a quanto accade alla medesima allorchè passa a traverso d'un prisma (V. § 181). La somiglianza dell'effetto è così piena ed intera, che i colori dello spettro si vedono distribuiti nell'arco baleno colla identica progressione e con uguale intensità di tinta. Siamo spettatori sovente d'un fenomeno ancor più ordinario che può condurci alla conoscenza della causa efficiente dell'iride. Non è raro di incontrar una goccia di pioggia pendente da un filo d'erba o da un cespite, e veder come sopra di essa si rifletta un bellissimo e vivo raggio rosso di luce infocata. Se l'occhio devia alcun poco dalla prima sua linea di visione, gli vien fatto di scorgere quella goccia medesima mutar il suo primo color rosso in giallo, o verde, od azzurro, o violetto, e talora divenir scolorita del tutto. Da ciò è facile argomentare che i raggi luminosi

che cadono su quella rotonda vescichetta di pioggia, vengono rifratti, riflessi e scomposti da ultimo in raggi colorati, i quali portano all'occhio la sensazione di ciascuno dei diversi colori, semprecchè esso si trovi in una certa direzione corrispondente alla loro uscita. Da ciò riesce anche facile il concepire l'altro caso, di sette goccie di pioggia, le quali tutte e ad un tempo riflettano i sette colori dello spettro all'occhio nostro. In quegli sprizzi d'acqua, in cui le goccie sono ridotte come in pulviscolo delle fontane a forte getto, e nelle cascate altri può aver occasione frequente di contemplare un siffatto fenomeno.

Esaminiamolo un po'da vicino, e vediamo il modo di comportarsi di una goccia d'acqua (fig. 211) rispetto ai raggi che le cadono sopra paralleli dal sole. Noi scorgiamo che questi nell'entrare in essa vengono rifratti, di guisa che penetrati con una data deviazione fino alla parete posteriore, escono dalla medesima partitamente. Una porzione dei raggi medesimi viene riflessa dalla detta parete, e ritorna verso la prima, ossia verso l'anteriore ove soffre una seconda refrazione. Possiamo coll'aiuto della figura, farci un'idea del come si comporti il raggio $SABCO$. Se un altro raggio parallelo ad SA succede al primo, si vede che nell'uscire col raggio CO non si trova più parallelo al medesimo, ma diverge da lui così fortemente, che la sua impressione luminosa rimane sommamente affievolita. Una più accurata indagine ci mostra però che una sufficiente quantità di raggi retrocede parallela qualora l'angolo SNO formato dal raggio SA che entra e dal raggio uscente CO sia presso a poco di 42°, 30'. Se l'occhio adunque si trova nella direzione OC, riceverà naturalmente una impressione luminosa, sensibile, di color rosso.

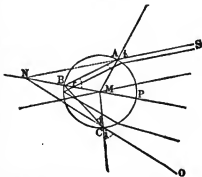



Fig. 211.

L'Iride si genera quando il sole che sta dietro le spalle del riguardante manda i suoi raggi paralleli SS fig. 212 sopra una parete formata da una serie di goccie d'acqua cadenti. Se l'angolo SVO è di gradi 42, 30', l'occhio riceve l'impressione d'un raggio rosso V. Ma ciò non si avvera soltanto da questo unico punto,

sibbene da' lati altresì di tutte le goccie della parete di pioggia sulle quali cadono raggi paralleli ad S sotto il medesimo angolo di 42° 31'. Quest'è infatti il caso di tutte le goccie di pioggia comprese entro la zona dell'Iride, le quali sono segnate dalla linea $O\ V$ sulla parete di pioggia, se noi ce le figuriamo poste in giro intorno all'asse OP. La linea $O\ V$ segna allora ad un tempo la superficie d'un cono, la cui punta sta all'occhio del riguardante, ed il cui asse OP prolungato va diritto al sole. Quindi

Fig. 212.

l'occhio vedrebbe sulla parete di pioggia una linea circolare rossa, qualora il sole non fosse che un solo punto luminoso, ma essendo invece un disco composto di molti punti luminosi, di un diametro visibile di 32 minuti, ne risulta perciò una fascia rossa circolare di larghezza corrispondente.

Nel modo medesimo che si forma la linea rossa, l'occhio percepisce da un circolo più profondo di goccie il colore violetto, i cui raggi son quelli che escono sotto un angolo 40° 31'. Tra il rosso e il violetto s'interpongono gli altri colori nelle serie dello spettro.

La fig. 212 rappresenta un arco baleno al momento della levata del sole, in cui i raggi solari SS sono paralleli alla terra. L'asse che dall'occhio O del riguardante si prolunga nella direzione OP coglie nel punto mediano dell'arco che sta ritto all'orizzonte; la curva che sta sopra l'orizzonte stesso è perciò un semicerchio. Se il sole s'innalzasse, il punto di mezzo si abbasserebbe in grado corrispondente sotto l'orizzonte, e il segmento del cerchio diverrebbe necessariamente più piccolo. Quando il sole ha un'altezza di 42°, 30' sull'orizzonte, allora tutto l'arco si

trova di sotto ad esso, e cessa di esser visibile. Quest'è la ragione per cui in estate non si vede mai l'iride fra le 10 del mattino e le 4 pomeridiane, e per questa medesima si possono dai monti, e dalla cima degli alberi d'un bastimento sul mare scorger delle iridi che rappresentano un circolo perfetto.

Allorchè un arco baleno si presenta con colori vivaci, sovr'esso d'ordinario se ne scopre un secondo più grande ma più pallido, e colla serie dei colori invertita: locchè avviene, come mostra la fig. 212 in *u* per una duplicata rifrazione e riflessione, che perciò illanguidisce le tinte ed è fregiata di colori men vivi.

235. — Le aureole del sole e della luna chiamate *parelii*, e *paraseleni*, consistono in anelli luminosi e coloriti che circondano ora più dappresso, ora più da lontano quei corpi celesti e derivano da accidenti di riflessione e rifrazione di luce. Quando il cielo è nebbioso od una camera sia piena di vapori o di fumo, si può talvolta osservare un somigliante fenomeno intorno alla flamma della candela. Nell'atmosfera la sua apparizione presagisce generalmente la pioggia. Parimenti colla teorica della luce atmosferica riflessa spiegasi la comparsa di soli e lune doppie, che destava altre volte la meraviglia e lo sgomento degli ignari.

236. — Riservandoci a parlare nella parte astronomica di questo libro delle *stelle cadenti*, degli *aereoliti* ecc., e faremo un solo cenno in questo luogo dei *fuochi fatui*. Sotto questo nome s'intendono certe piccole fiammelle saltellanti che talvolta si manifestano sulle paludi, sugli stagni, sui prati, o nei cimiteri e meritano una menzione, in quanto che interpretati a seconda dei pregiudizii popolari, sono rimaste presso al volgo senza spiegazione, malgrado che corrano per tutte le bocche, dalle osservazioni scientifiche. Esse non sono che gas infiammabili dovuti a processi di fermentazione putrida di sostanze vegetabili od animali.

237. *I fenomeni elettrici dell'atmosfera* si presentano in grande sotto forma di *burrasche* e di *temporali*.

Quando nere nubi coprono il cielo, e da esse è generato il lampo ed il fulmine in forma di striscie a zig-zag, quando il tuono scoppia e si perde in cupi e prolungati fragori, allora non abbiamo che la ripetizione in forma gigantesca della scintilla elettrica che a molte miglia di distanza si scarica da una nube all'altra, o sulla terra. Il fulmine non è che lo scoppio dell'istessa scintilla che in proporzioni minime si sprigiona dall'elettroforo.

Quantunque le diverse ipotesi immaginate per ispiegare l'origine dell'elettricità atmosferica, quali sarebbero lo strofinamento del-

l'aria contro il suolo, l'evaporazione dell'acqua, ed altre non possano darci un giusto concetto della maniera colla quale l'elettricità *libera* nelle diverse nubi si trova raccolta, pure fino dal 1752 Franklin ha dimostrato in queste la sua presenza, collo spingere in alto nell'aria durante un temporale un ordinario cervo volante di carta. La fune che teneva legato questo infantile giocherello condusse elettricità sufficiente a dare fenomeni elettrici. In poporzioni maggiori si ottiene lo stesso effetto ove alla fune si attacchi un filo metallico sottile. Fin d'allora si riconobbe che l'atmosfera si trova in uno stato elettrico, quantunque nessun temporale si scorga in essa, e per mezzo dei diversi apparecchi opportuni si accertò il fatto che costantemente l'atmosfera contiene elettricità libera, or positiva, ed or negativa. Quando il cielo è limpido e sereno la positiva predomina con diversa intensità, secondo le elevazioni dei luoghi, e le varie ore del giorno, mostrandosi minima e quasi nulla nelle strade e sotto gli alberi. Quando il cielo è coperto di nubi, l'elettricità dell'atmosfera ora è positiva ed or negativa, e avviene anche che essa cambii parecchie volte in un giorno pel passaggio di nubi variamente elettrizzate e queste singolari correnti elettriche sono sparse da per tutto, esercitando alcune influenze e producendo certi fenomeni che dianzi parevano misteriosi.

Avvicinandosi p. e. una nube carica d'elettricità positiva alla superficie terrestre, la sua azione si esterna diffondendosi sulla elettricità, e determinando una corrente negativa dalla terra alla nube, finchè le due elettricità si equilibrino. In tal guisa la maggior parte delle nubi elettriche si sperdono al di sopra della terra, senza essere accompagnate da fenomeni che destino la nostra particolare attenzione.

Ma giunta la nube elettrica ad una certa prossimità verso la terra, allorchè sulla superficie di questa si trovi qualche oggetto prominente ed acuto per cui si effettui una forte emanazione di elettricità quali sono le torri, gli alberi, le sommità dei monti ecc., le due elettricità si riuniscono collo scocco d'una potente scintilla, ed allora abbiamo la *folgore*.

Il così detto *contraccolpo* nei temporali si produce, come negli apparecchi elettrici, per l'influenza che la nube temporalesca esercita sopra tutti i corpi collocati entro la sua cerchia d'azione. Questi corpi trovansi del pari che il terreno carichi d'elettricità contraria a quella della nube, ma se la nube si scarica mediante uno scoppio, la sua elettricità ricomponendosi immediatamente con quella del suolo, cessa l'influenza, e ritornando sull'istante i

corpi al loro stato elettrico naturale, ne risulta quella scossa che costituisce il *rimbalzo* o *contraccolpo*. Questo fenomeno si può verificare in piccolo ponendo una rana presso una vigorosa macchina elettrica; tutte le volte che si trae dalla macchina una scintilla la rana prova una scossa violenta. Il contraccolpo è sempre meno veemente del colpo diretto, non produce accendimento, opera anche a distanza, e negli individui morti per effetto di esso non si riscontra alcuna lesione violenta.

238. **I parafulmini** sono stromenti inventati da Franklin sin dal 1755 all'oggetto di scemare i pericoli dei temporali, giacchè facendosi i medesimi conduttori perenni dell'elettricità opposta alle nubi, diventano atti o a render nulli gli effetti della loro propria od almeno a diminuirli considerevolmente.

E infatti realmente vediamo che una scintilla che scocchi dalle nubi predilige sempre di colpire l'asta di ferro terminata in punta che s'impernia nel conduttore costituito da una corda metallica, la quale scende fino ad una certa profondità nel suolo in qualche lato dell'edifizio che si vuol preservare dalla ruina del fulmine. Codesta corda vuol essere a preferenza di rame, formata di due o tre fili del diametro di 1 millimetro a 1, 5, intrecciati fra loro, e termina d'ordinario in un pozzo dove si divide in due o tre capi per meglio agovolare la comunicazione col suolo. Dall'esperienza risulta che un'asta di parafulmine, purchè sia grossa abbastanza per non rimaner fusa qualora il fulmine la colpisca, sia senza interruzioni, e debitamente terminata in punta di platino o di rame, può guarentire all'ingiro uno spazio circolare di un raggio doppio della sua altezza.

Il tuono, ossia quel romore che succede al lampo nelle nubi temporalesche si ode alquanto più tardi di quel che non veggasi questo, sebbene sia indubitatamente contemporaneo, e ciò avviene perchè il suono è meno rapido della luce, eccettuato il caso che il temporale sia sopra al nostro capo, ovvero in grande vicinanza al sito in cui siamo, veggendosi allora il lampo seguito dal tuono incontanente. Quindi quant'è più distante un fenomeno dall'altro, tanto può dirsi più lontano il temporale: il maggiore intervallo che siasi avvertito fra essi si è di 72 secondi che importa una distanza di spazio di circa 30,000 metri. Ella è tuttavia una distanza di gran lunga minore di quella che è percorsa dal romor d'una forte scarica di cannone, la quale può essere avvertita da ben 140 chilometri. Il rimbombo del tuono deriva dallo scuotimento cagionato dalla folgore a traverso i diversi strati d'aria e dalla riper-

cussione del suono per essi. Quando la scarica è molto lontana non si vede che il lampo, e questo fenomeno si appella appunto lampeggiare o balenare.

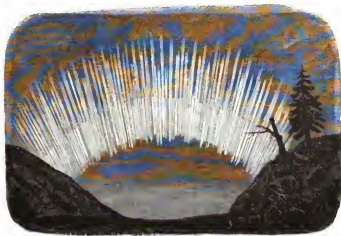
Gli effetti del fulmine sono sempre sommamente violenti e formidabili; perch'esso rompe ogni ostacolo che incontra tra via, fonde metalli, abbrucia i corpi accensibili, uccide uomini ed animali, senza che in questi lasci traccia di materiali lesioni. Sparge inoltre un odore particolare soffocante, che si può paragonare a quello del fosforo, e che, sebbene più debole, si fa sentire anche dopo una scarica delle nostre macchine elettriche. Si trovano perfino nelle sostanze inorganiche le traccie di simili effetti del fulmine; tali sono la vetrificazione superficiale di roccie collocate sulle alte montagne, i così detti *tubi fulminari* nelle sabbie della bassa Germania larghi 1-2 pollici e lunghi da 10-20 piedi; la interna vetrificazione ed esterna torrefazione nei grani sabbiosi dei pavimenti.

Siccome l'elettrico si raccoglie generalmente sulle punte, e sui corpi conduttori, così è mestieri evitare nei temporali le torri, gli alberi, i camini ecc. Sono quindi pericolosi tanto gli alberi isolati, come i gruppi d'alberi che si elevano sull'aperta campagna, i quali ogni anno sono apportatori di qualche sventura a chi vi si trova vicino, cercando rifugio dalla burrasca e dalla pioggia.

239. — L'*aurora boreale*, che meglio dovrebbe dirsi *polare* è uno dei più splendidi fenomeni della natura, ma della quale non si ha ancora una spiegazione soddisfacente. Sembra dalla costante direzione dei suoi archi rispetto al meridiano magnetico, e dalle perturbazioni che la sua comparsa cagiona nelle bussole si debba attribuire a correnti elettriche svolgentisi dai poli verso le alte regioni dell'atmosfera; essa è visibile a grandi distanze dal polo, ed ha un'immensa estensione. Quantunque più vivace e frequente, o almeno meglio osservata verso il polo boreale, si manifesta non di rado anche al polo australe.

Nella sua magnifica e completa apparizione codesta aurora forma una fascia uniforme grandiosa e traversata di raggi infuocati a forma di semicerchio sopra l'orizzonte colle due estremità rivolte a questo, e presenta un contrasto superbo di colori, un apparire e scomparire alternativo di raggi che le danno una variabilità sorprendente. Così essa rischiara le lunghe settimanali notti dei paesi polari e slancia i suoi raggi in certi anni fino a noi nelle parti più elevate del cielo. Nella sua perfetta bellezza non è visibile tuttavia che nei gradi più elevati di latitudine, ed

il disegno che ne portiamo qui sotto non può darne che una lontana ed imperfetta immagine.

La luce così detta *zodiacale* è una particolar maniera di chiarore che ha la tinta tra il giallo ed il rosso e suole manifestarsi lungo la zona dello zodiaco sotto forma di una fascia o d'una piramide che si appoggi obbliquamente all'orizzonte. Tale apparizione accompagna il sole ed è visibile prima del nascer o dopo il tramonto del medesimo. Cassini, ed altri celebri fisici non dubitarono di ravvisare in quel velo luminoso un prolungamento dell'atmosfera infocata del sole, ma La Place e i moderni, meglio edotti intorno alla costituzione solare, mostrarono fallace una tale ipotesi. La ragione pertanto della luce zodiacale rimane ignota, ove non si voglia ammettere che quella zona riveli l'esistenza di una materia tenuissima circolante attorno al sole, e resa visibile a noi in certe condizioni soltanto.

ASTRONOMIA

1. — L'astronomia, ossia la scienza dei corpi dell'universo e dei loro movimenti, è un ramo della fisica, che per la vastità ed importanza del suo oggetto richiede una trattazione speciale. In siffatto studio la nostra attenzione è particolarmente fermata dai fenomeni di movimento, le leggi dei quali sono quelle medesime che noi esponemmo nella parte fisica, cosicchè sotto questo riguardo l'astronomia si può dire la *meccanica del Cielo*.

2. — Il campo in cui si effettuano codesti fenomeni è il cielo, e le moli in cui si manifestano sono le così dette stelle e i pianeti. Avendo noi dichiarato come lo spazio vuoto sia un'estensione interminata, non farà meraviglia se affermeremo che anche i detti corpi sono innumerevoli. Quella distanza che si direbbe infinita, e che ad ogni modo riesce inconcepibile al nostro intelletto; quelle masse così enormemente moltiplicate di corpi materiali, e la straordinaria velocità de' loro movimenti, si improntano d'un carattere

così sublime e danno alla scienza che ne tratta sì grande maestà, che non si potrebbe certo trovar l'uguale in verun'altra delle naturali dottrine.

« Lo spettacolo di distanze (scrive Schiller), senza confine, d'altezze imperscrutabili, del vasto oceano che si schiude sotto i piedi dell'uomo, e dell'oceano ben maggiore che pende sovra il suo capo, sollevano il suo spirito oltre la ristretta cerchia della realità e la comprimente cattività della vita fisica ».

Se in queste parole noi troviamo delineato abbastanza l'elevato carattere dei fatti astronomici, non è perciò, come pensano e dicono molti, che l'astronomia abbia a ritenersi la prima e la più nobile delle fisiche discipline. Per il naturalista, alle cui meditazioni appartiene tutto quanto è nel dominio della natura stessa, ciascun ramo della sua scienza non è che l'anello di una catena che rientra in se medesima, dalla quale non si potrebbe staccarne uno solo, senza distrugger il legame di tutti. Idee false sullo sviluppo delle più inapprezzabili piante, errori volgari intorno al più umile degli animali sono altrettanto indegni d'uno spirito che aspira alla verità, quanto possa essere l'assurdità degli antichi concetti intorno al movimento dei corpi celesti.

3. — L'astronomia prende a considerare i proprii subbietti principalmente col soccorso della matematica; perciocchè i più importanti problemi che la riguardano si riferiscono a spazio, numero e tempo, grandezza e distanza, lentezza o celerità; e queste infatti sono le prime ricerche delle quali conviene ch'essa si proponga lo svolgimento.

Soltanto la matematica, e specialmente il calcolo sublime, ci pone in grado di trovar una risposta a quelle ardue domande, e furono appunto gli sforzi adoperati in tale intendimento, che recarono tanto sviluppo alle scienze matematiche. Senza di queste sarebbe stato impossibile con tanta precisione segnar le vie per le quali gli astronomi hanno raggiunto le loro incontestabili verità, laddove con quell'aiuto le scoperte dedotte in prima con tante fatiche e per vie sì paurose, hauno potuto non soltanto conseguirsi con modi più semplici, ma venir apprezzate convenientemente anche da coloro che non professano espressamente le matematiche.

L'astronomia addomanda oltrecciò l'uso frequente di comparazioni, ed immagini che valgano a render intelligibili alcuni de' suoi trovati. E invero, se tanto ci torna difficile il farci concetto della grandezza del nostro globo terracqueo, ben più difficile a pezza si è il rappresentarci al pensiero il sole che è di tanti milioni più

grande. Ma le nostre idee si rischiarano nella estimazione di proporzioni sì fatte, quando, a mo' d'esempio, ci addattiamo a immaginarci la terra simile ad un granello di miglio, e il sole ad una palla da bigliardo. E chi poi saprebbe acquistar adequata nozione della immensità interminabile dell'universo, colle sue innumerevoli stelle? Tuttavia anche quì soccorrono i paragoni. Nella capacità d'una vastissima sala, quelle molecole infinite di polvere che vediamo a traverso un raggio di sole che penetri solitario entro la stanza, ci daran modo di figurarci le miriadi di soli disseminati nel vuoto.

4. — L'astronomia può dirsi antica quanto la storia dell'uomo; imperciocchè quel medesimo cielo che si stende oggi come un'azzurra vòlta sopra di noi, confortò da migliaia d'anni coi suoi milioni di stelle anche lo sguardo degli avi nostri e destò come la nostra, la loro ammirazione. Diremo anzi che il selvaggio, l'uomo costretto a percorrere perpetuamente le sconfinate lande, le steppe infeconde sono tratti a guardar il cielo, ed i suoi fenomeni con maggiore attenzione di quello che faccia l'odierno abitatore delle città. Perchè a que' primi sono le stelle orologio, scorta, bussola, barometro e calendario, laddove dalle strette vie d'una città altri ben raramente solleva lo sguardo al cielo, o a dir meglio, a quella porzioncella di firmamento, che gli rimane scoperta.

Noi pertanto andiam debitori ai popoli primitivi, e più antichi di una serie copiosa d'importanti osservazioni astronomiche, perocchè quelle prische tribù ignare d'arti e di scienze, viventi all'uso di pastori e cacciatori, ebbero mestieri del cielo stellato per determinare il luogo ed il tempo.

5. — È un vantaggio conosciutissimo che ha l'astronomia sopra le altre parti della scienza naturale, di poter venire appresa sino ad un certo grado anche senza soccorsi artificiali. Appena il grande astro del giorno è tramontato, ecco nello spazio celeste, divenuto nero, spuntar le stelle splendenti, prima le maggiori, poscia a poco a poco le minori, finchè si moltiplicano a migliaia e migliaia, e danno al firmamento l'aspetto della più brillante magnificenza. Questo cielo notturno, quando sia sgombro da vapori e da nubi diventa un fertile campo di osservazione, dove col sussidio di accurata investigazione vedonsi originarsi e compiersi moltissimi fenomeni importanti, senza che ad accertarli faccia bisogno di complicati mezzi materiali.

Affine di tener sottocchio le altre manifestazioni del mondo fisico abbiamo infatti continuamente d'uopo d'una certa quantità di

sostanze e di apparecchi la più parte costosi; nella chimica principalmente; ma per l'astronomia non occorre altro che alzar gli occhi al cielo per trovarsi, a dir così, nella propria officina, ed in mezzo alle sue maravigliose produzioni.

Pure malgrado che un certo numero delle sue verità sia facile da rilevare, se ne noverano altre molto più essenziali che s'involano all'occhio nudo. Per queste è indispensabile far uso di stromenti, i quali pel loro gran costo sono una delle cause della scarsezza degli assidui cultori di questa scienza. Ciò spiega pure perchè le cognizioni degli antichi in questo argomento siano rimaste tanto imperfette, e non abbiano avuto il loro pieno svolgimento se non dopo l'invenzione del telescopio, il quale dischiuse più vasti spazi del cielo, che divennero sempre maggiori, quanto più i perfezionamenti di esso si vennero effettuando.

6. — L'evidente influenza del sole sul nostro globo pel quale esso è sorgente vitale di luce e di calore, le fasi lunari mirabili così nella forma loro come nei lor periodi, dovevano già da remote etadi far sì che venisse attribuita la più alta importanza a questi due corpi da tutti quanti i popoli, fino a farli considerare come alcun che di sopranaturale e divino. Dopo di loro, presentansi gli astri minori, i quali hanno anch'essi il proprio grado d'importanza rispetto alla terra ed ai suoi abitanti, sebbene meno manifesta che nei precedenti.

Si comprende da ciò come nei tempi nei quali sulla natura delle stelle e delle loro apparizioni si erano ideati tanti concetti erronei, siasi assegnata loro un'azione diversa specialmente sui destini degli uomini. Per ogni grande avvenimento, per ogni straordinario personaggio, per ogni novità che non si fosse saputo coordinare collo spirito limitato e poco sviluppato dei popoli, si andava cercando l'incognita causa negli astri.

Così si generò quel singolare miscuglio di dottrine affatto arbitrarie di superstizioni ed errori intorno alle cose del cielo, il quale sotto il nome di *astrologia* per secoli interi, sviò lo sguardo degli uomini, e lo fece smarrir nel sentiero delle illusioni e degl'inganni, ritardando il progresso in modo veramente strano; finchè lo spirito umano afforzandosi di spassionate osservazioni ruppe questi ostacoli al proprio sviluppo e riconobbe da ultimo che la terra è bensì un punto nello spazio, ma non il suo centro; che gli astri sono per loro stessi altrettanti mondi e non già semplici pietre migliari, o fari accesi per rischiarar i destini delle passaggiere generazioni di questa piccola terra.

7. — Tentando noi nel progresso di questo lavoro di dar qualche svolgimento alle principali dottrine astronomiche, non vi potremmo riuscire senza far precedere la cognizione di alcuni almeno di quegli aiuti che si resero necessarii alla scienza per definire ed esporre i proprii risultamenti.

Questi aiuti consistono sopratutto in certi fondamentali principii, specialmente tratti dalla geometria, i quali sebbene in massima siano da ritenere già noti, non sarà male che vengano ricordati per agevolar la intelligenza delle verità che scendono come corollario da essi. Così acquistata la conoscenza dei modi d'indagine, e del linguaggio scientifico, più facile ci tornerà far passaggio all'esame dei fenomeni che dal nostro soggiorno ci si fan manifesti e di giorno e di notte nell'universo. E per tal modo ci sarà dato di giungere al vero concetto dell'ordinamento dei corpi celesti; e di fare il convenieute apprezzamento delle idee erronee de' tempi passati.

Divideremo pertanto l'astronomia nelle tre parti seguenti:

I. Mezzi necessarii alle osservazioni astronomiche;

II. Fenomeni astronomici generali;

III. Fenomeni speciali.

I.

Mezzi necessarii alle osservazioni astronomiche.

DEFINIZIONI PRELIMINARI.

8. Angolo. — Se noi sopra un piano, qual sarebbe un foglio di carta, tiriamo due linee *ab* e *cd* fig. 1, che si taglino scambievolmente in un punto, *m*, quel piano resterebbe diviso in quattro parti, ciascuna delle quali forma ciò che si denomina un *angolo;* le due linee che lo circoscrivono sono i *lati*, ed il punto di intersecazione il *vertice* dell'angolo. — Quindi *am* e *cm* sono i due lati del triangolo *amc*.

Fig. 1.

Ritagliamo ora con una forbice queste 4 parti, secondo le linee

sopra descritte, passando esattamente pel centro *m*, e sovrapponiamoli l'una all'altra. Troveremo che sono tutte d'eguale grandezza, che tutte si coprono scambievolmente con precisione perfetta, e tutte rappresentano un angolo retto. Si dirà allora necessariamente che le linee *ab* e *cd* si tagliano ad angolo retto od altrimenti che cadono perpendicolari l'una sull'altra.

Ora guardando la fig. 2 si scorgerà a prima vista che le linee *a'b'* e *c'd'* non s'intersecano ad angolo retto, ma tagliano il piano medesimo in 4 parti disuguali, e quindi formando angoli diversi. Ritagliando questo piano come abbiam fatto nella fig. 1, troveremo che l'angolo *a'm'c'* è più piccolo dell'angolo retto *amc*, mentre l'altro angolo *a'm'd'* è considerevolmente maggiore d'un angolo retto.

Fig. 2.

Quell'angolo ch'è minore del retto si chiama *acuto;* quello invece ch'è maggiore si dice *ottuso:* quindi intorno al punto *m'*, vi hanno due angoli acuti *a'm'c'* e *d'm'b'* e due ottusi *a'm'd'*, e *c'm'b'*. Continuando con questo semplice metodo si impara altresì che intorno ad un dato punto non possono darsi più che quattro angoli retti, ovvero più di tre ottusi, ma sì bene un numero infinito d'angoli acuti; che inoltre de'4 angoli della fig. 2, i due opposti al vertice sono uguali, mentre i due prossimi *a'm'c'* ed *a'm'd'* sono disuguali, ma che la somma loro è tuttavia uguale a due angoli retti.

Queste reciproche relazioni degli angoli sono affatto indipendenti dalla lunghezza dei lati. Prolunghiamo pure a nostro talento ed all'infinito le linee *ab*, *bc* e le altre *a'b'*, *c'd'*, ed avremo sempre i medesimi angoli nei punti *m*, *m'*.

9. — Dalla grandezza dell'angolo è adunque in ogni caso determinata la inclinazione scambievole delle linee ond'esso è formato: sarà quindi altresl determinata in parte la posizione di un punto sul piano quando ci sia noto l'angolo che forma una di queste linee tirata sovra un punto qualunque del piano medesimo. E ciò darà alla valutazione dell'angolo una sì grande importanza, che appunto quest'angolo diventerà, a dir così, la segreta chiave delle più astruse verità, nello scoprimento delle quali gran parte dell'opera degli astronomi non istà appunto che nella retta estimazione degli angoli.

Che se altri domanda come si arrivi a calcolare la grandezza d'un angolo, eccone in breve il modo: si prenda a quest'uopo in aiuto il *circolo;* vale a dire, si descriva intorno al punto d'intersecazione *m*, a quel punto cioè in cui si tagliano ad angolo retto

due linee *ab* e *cd*, un circolo *opqro*, e si vedrà che sopra ciascuno de'quattro angoli retti incombe un arco che sarà nè più, nè meno che una quarta parte del circolo segnato, di guisa che, ad esempio, sopra l'angolo *amc* sta il quarto di cerchio *op*. Che la maggior o minore ampiezza del cerchio sia in ciò affatto indifferente è messo fuor di dubbio dalle linee punteggiate, le quali mostrano che tanto *o'p'*, come *o''p''* sono un quarto di cerchio al par di *op*. — L'angolo acuto *cmf* è uguale alla metà d'un retto, perchè il suo arco misura un'ottava parte dal cerchio intero, e l'angolo ottuso *amf* è uguale a un retto, più la metà d'un retto, perchè il suo arco è uguale a 3 ottave parti del circolo stesso.

Fig. 3.

Laonde saremo in grado di calcolare con tutta precisione la grandezza d'un angolo quando ci sarà noto quanta parte d'un circolo sia l'arco che gli sovrasta.

A questo scopo si suol dividere l'intero circolo in 360 parti che si denominarono gradi, ed ogni grado venne suddiviso in 60 parti minori che si appellarono *minuti*, ognuno de' quali fu poi nuovamente spartito in 60 *secondi*.

Quando adunque parleremo d'un angolo di 90 gradi, s'intenderà necessariamente che esso è un angolo retto, perchè 90 è il quarto di 360; ed ogni angolo che comprenda un numero minore di gradi sarà acuto, come uno maggiore sarà ottuso.

Per misurare esattamente un angolo che sia già segnato, o che si voglia segnare si fa uso d'uno stromento semplice che si denomina *trasportatore* il qual di regola vien costruito in ottone.

Cotesto stromento non è che un inciso semicerchio spartito in 180 gradi. Volendo col medesimo misurare gli angoli *amc*, *amf*, *cmf* e *gmb*, non abbiamo che a collocarlo in modo che il punto centrico del semicerchio coincida coll'apice dell'angolo, il diametro di quello con un dei lati di questo, e leggervi il grado che è indicato. Vedremo così, che *amc*=90; dunque è angolo retto; che *amf*=135, dunque è ottuso; *fmb* è acuto di 45 gradi, e perciò metà d'un retto *gmb* è acutissimo di soli 5 gradi.

Se non che quando si cerca di precisare la lunghezza d'un arco di cerchio col mezzo dell'unità da noi indicata, è difficile che si

Fig. 4.

trovi un numero compiuto di gradi, ed occorre le più volte valutare frazioni di grado. Perciò appunto il grado fu diviso in minuti ed in secondi che servono a dare una più esatta e minuta ripartizione. I gradi della grandezza dell'angolo si esprimono mediante il segno convenzionale *o;* i minuti con una virgoletta *o*', i secondi con due *o*" poste in alto e dopo il numero, cosicchè a mo' d'esempio, scrivendosi un angolo di 90°, 35', 16", vuol dire che esso è di 90 gradi, 35 minuti, e 16 secondi.

10. — Col trasportatore si può soltanto misurare un angolo delineato; ma qualora si volesse determinare un angolo i lati, del quale fossero soltanto immaginarii, come accade nelle grandi distanze, sarebbero necessarii altri mezzi speciali.

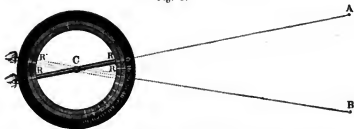
Se si abbia, p. e., a rilevare un angolo formato da due punti lontani (p. es., due campanili *A* e *B* fig. 5) essendo *c* il punto ove si trova l'osservatore, si farà uso di più complicati stromenti, che ebbero il nome di *goniometri*, di *grafometri*, di *teodoliti*, di *circoli ripetitori*, variamente congegnati, e taluni di moltissimo co-

sto, secondo che occorre adoperarli in dilicati rilievi. Il principio fondamentale però della loro costruzione può vedersi nella fig. 6,

Fig. 5.

che mostra un anello metallico, sul cui orlo sono intagliati i gradi e le frazioni di grado, il qual orlo propriamente dicesi il *lembo* dello stromento.

Nel centro *c* di questo circolo esiste un perno intorno al quale può girare un indice o *regolo* RR. Si colloca lo stromento sopra

Fig. 6.

una piccola tavola orizzontale in guisa che il centro *c* si trovi precisamente nel punto in cui le linee che partono dai punti A e B s'incontrano insieme. Il regolo vien girato in modo che corrisponda al punto segnato O' sul lembo e lo stromento rivolto in maniera che l'occhio veda il punto A sul prolungamento del regolo stesso in RA: poscia si gira lo stromento stesso fino a tanto che l'occhio veda il punto B sul prolungamento del regolo

in RB, come si mostra nella figura. In tal guisa l'estremità del regolo descriverà un arco, il grado del quale sarà indicato dal numero inciso nel lembo, che nel caso mostrato dalla figura, sarà di g. 20, espressione della misura dell'angolo BCA.

Questo è lo scompartimento fondamentale che si trova con più o meno importanti modificazioni in tutte le misure angolari astronomiche. È chiaro che a seconda che l'angolo da misurarsi sia sulla superficie della terra orizzontale o verticale, il circolo dello stromento dovrà collocarsi o parallelo alla superficie stessa, ovvero verticale ad essa; e quest'ultima posizione si addotta, p. e., quando trattisi di valutare l'angolo formato dalla cima d'un campanile con una linea tirata ad un punto della superficie della terra medesima.

Allorchè l'angolo che vuolsi misurare non supera il retto, o non è maggiore di 60°, o di 45°, torna più comodo anzichè descrivere un cerchio intero, limitarsi a segnare solo un quarto od un sesto od un ottavo di cerchio, che perciò dicesi *quadrante*, o *sestante*, od *ottante*.

Un quadrante costrutto come nella fig. 7 è d'ordinario girevole intorno al punto E. La curva AB è il lembo e C il centro del quadrante. Se si dà allo stromento una tale direzione, che un cannocchiale il quale sia sulla stessa linea d'uno de' suoi lati, si rivolga verso un punto dell'orizzonte in direzione Hh e l'altro lato CA nella linea del filo a piombo P, fissato in C; indi si diriga il cannocchiale ad una stella S, il filo a piombo servirà a segnar sul lembo il numero dei gradi dell'angolo formato da una linea tirata dalla stella all'occhio del riguardante, con un'altra che rappresenta l'orizzonte. Tuttavia è bene notare che in tutte le osservazioni che esigono grande esattezza, è necessario adoperare i circoli interi.

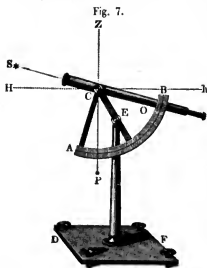
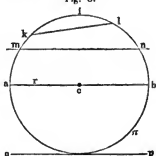



Fig. 7.

Sonosi poi ridotti a tanta precisione gli stromenti misuratori

degli angoli, che oggidì siamo in grado di determinare un angolo di un solo secondo e perfino d'un mezzo secondo. L'angolo d'un secondo è 1|324,000 di angolo retto. A rendere percettibile un angolo così straordinariamente esiguo non potrebbero servire i disegni. Per aver un'idea di esso noi diremo soltanto, che per ottener che una linea avente un decimetro di lunghezza possa esser guardata sotto un angolo visuale d'un minuto, è necessario ch'essa si trovi circa a 343 metri di distanza dall'osservatore, e che acciò questa stessa linea cada sotto un angolo di un secondo, converrebbe che fosse lontana dall'osservatore più di venti chilometri.

11. Circolo. — Appuntando uno spillo sopra il piano d'una tavola, ed allo spillo attaccando un filo, alla cui estremità libera sia legata una matita, si può facilmente segnare un cerchio girando intorno allo spillo quella matita, purchè in tutto quel giro sempre si tenga equabilmente teso il filo. La linea che viene così descritta è una curva che rientra in se stessa; ogni punto della medesima rimane equidistante dal punto dove sta infisso lo spillo, e quel punto si distingue col nome di *centro:* una linea retta che da questo centro si porta a qualunque punto del circolo si chiama *raggio* o *semidiametro*, e naturalmente tutti i raggi sono perfettamente uguali fra loro. Prolungando qualsivoglia di questi è del pari naturale che abbia doppia lunghezza quando arriva al punto opposto del circolo e formi il *diametro* del medesimo, e così ogni raggio prolungato dal centro all'altra estremità sino alla circonferenza costituisce un diametro, la di cui lunghezza sarà uguale a quella di quanti altri diametri si formassero col prolungamento d'ogni singolo raggio (fig. 8)

Fig. 8.

Qualunque porzione *kil* d'un circolo si chiama *arco di cerchio*

e la linea retta che unisce i due suoi punti estremi kl, *corda* dello stesso arco. Una linea che tagli il circolo in due punti mn è appellata *secante*, una per contro che sia fuori di esso, e non lo tocchi che in un sol punto *tangente* op. La linea circolare stessa, ossia la circonferenza si designa in matematica colla lettera greca π ed è (salvo incalcolabili frazioni) dimostrato ch'essa importa 3,14 il suo diametro. Ammesso quindi che quest'ultimo sia di 4 metri in lunghezza, la sua circonferenza sarebbe di $4 \times 3{,}14 = 12$ m., 56 centim.

La misura poi della superficie d'un circolo si ottiene moltiplicando prima il raggio per se medesimo, e il prodotto ottenuto pel numero 3,14.

12. Sfera. — Speciale considerazione merita nel presente trattato la sfera, che è un solido a superficie curva, della quale tutti i punti sono equidistanti dal centro. Essa può considerarsi generata da un semicerchio che compia un'intera rivoluzione intorno al proprio diametro. Qualsiasi linea retta che dal centro giunga alla periferia è il *raggio*, e se una retta passando sul centro termini da ambe le parti alla superficie ne costituisce il diametro. Quindi in ogni sfera allo stesso modo che nei circoli, tutti i raggi e i diametri sono uguali fra loro.

Supponendo una sfera divisa in due parti esattamente uguali, si ottengono due *emisferi* i quali avranno la lor superficie conterminata da una parte dalla metà di quella della sfera, e dall'altra da un circolo, il cui centro coincide con quel della sfera. Un tal circolo viene chiamato il *circolo massimo*, o la circonferenza della sfera medesima.

La superficie della sfera è uguale al prodotto che ottiensi moltiplicando il diametro per la circonferenza del cerchio generatore della medesima, ossia è uguale a quattro volte la superficie di questo massimo circolo.

Il volume poi di essa si trova moltiplicando un terzo del suo raggio colla sua superficie sferica. Le proporzioni del volume di due sfere d'ineguale grandezza vengono espresse dai numeri ottenuti col moltiplicare tre volte il diametro di ciascuna sfera per se medesimo.

Sarà utile mettere in evidenza alcuni dati matematici relativi alla sfera ed al circolo col mezzo di alcuni esempi, e a questo scopo prenderemo per entrambi il diametro di 12 pollici.

Diametro = 12"
Raggio = r = 6"

Circonferenza $=12\times\pi=12\times3,14=37$ 68''

Superficie circolare $=r\times r\times\pi=6\times6\times3,14=113$ pollici quadrati.

Superficie sferica $=4\times(r\times r\times\pi)=4\times113=452$ pollici quadrati.

Volume sferico $=(1|3\times r)\times4(r\times r\times\pi)=2\times452=904$ pollici cubici.

Se il diametro d'una sfera è di sei pollici, e quello d'un'altra di 12 pollici, stando alla regola sopra enunciata si comportano le superficie loro come 6×6 a 12×12, cioè come 36 a 144; e il volume come $6\times6\times6=216$ a $12\times12\times12=1728$.

13. Ellisse. — Molto meno conosciuta del circolo e delle sue proprietà è la *ellisse*, la quale è linea curva anch'essa rientrante in se medesima, che si ottiene nella maniera seguente. Si piantino sopra una tavola piana due spilli (fignra 9), uno dei quali abbia attaccato un filo alquanto più lungo della distanza de'due spilli medesimi, e si annodi coll'altra estremità all'altro spillo.

Fig. 9.

Con una matita che tenga disteso questo filo alla metà si descriva una linea curva tutto all'ingiro; questa segnerà un cerchio allungato che appunto è quello che si denomina ellisse.

L'asse maggiore *ab* di questa figura geometrica (V. fig. 10) è verticalmente tagliato da un secondo asse, minore *de* il quale passa pel centro *c*. I due punti *S S'* si chiamano i *fochi* della ellisse, e secondo il modo che abbiamo adoperato nel costruirla, due linee che vengano da essi tirate a qualsivoglia punto della circonferenza, p. e. *Sm* ed *S' m* ovvero *Sm'* ed *S' m'*, le quali rappresentano l' andamento del filo quando la matita si trova in *m*, od in *m'*, risultano sommate che siano insieme,

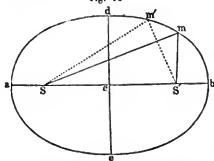



Fig. 10·

d'uguale lunghezza dell'asse maggiore dell'ellisse. Due di queste linee preso insieme, delle quali possiamo moltiplicare la serie a nostro talento, si chiamano *raggi vettori*. La distanza d'un punto focale *S* od *S'* dal centro effettivo *c* dicesi *eccentricità* della ellisse. È chiaro quindi che questa si accosterà tanto più al circolo, quanto la sua eccentricità sarà minore. — La superficie della ellisse si rileva moltiplicando i due semi-assi *ac* e *dc* fra loro, e il prodotto col n. 3,14.

L'ellisse ha un titolo speciale alla nostra attenzione perchè le orbite della maggior parte de'corpi celesti com'è, p. e., la nostra terra, sono elittiche.

14. Parabola. — Un'altra linea curva speciale, e pur essa di somma importanza si è la parabola. Il miglior modo di rappresentarla è quello d'un cono, a cui si facciano alcune sezioni; perchè queste son terminate sempre da linee curve, tra le quali scopriremo quelle che ebbero nome di paraboliche. Si eseguiscano pertanto cosiffatte sezioni nei diversi sensi mostrati nella fig. 11. Se noi le faremo nel senso che è indicato da *ab*, vale a dire, in direzione parallela alla base, avremo sempre dei circoli: invece se saran praticate obbliquamente sulle due faccie del cono, come *ac* ed *ad*, si avranno delle elissi. Finalmente se il taglio sarà parallelo ad un lato, come *ae*, *mn*, la superficie che ne risulterà sarà terminata da una curva tutta diversa, che è appunto una *parabola*, la cui particolarità sta in questo, che le sue estremità non si riuniranno mai, come nel circolo e nella elissi, ma divergeranno invece sempre più, per quanto si prolunghino all'infinito.

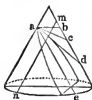



Fig. 11.

Havvi una certa classe di corpi celesti, denominati *comete*, che movendosi intorno al sole, percorrono orbite elittiche, le quali sono tuttavia tanto eccentriche, che il tratto d'orbita più vicino al sole ove soltanto può il corpo essere osservato, non si può distinguere da una parabola.

15. Geometria. — Quando diciamo *misura*, noi intendiamo il confronto di una linea qualunque, d'una superficie, o d'uno spazio con una data unità di lunghezza o d'estensione. Il risultato di questo confronto ci avverte quante volte questa unità sia contenuta nella grandezza misurata.

Ognuno comprende di quanta utilità e comodità sarebbe per l'intelligenza comune l'adottare una unità convenzionale che fosse

la stessa per tutti, ma pur troppo nei varii paesi e nelle diverse epoche essendosi stabilita diversamente a seconda del genio diverso dei popoli, ci troviamo obligati qui di indicarne almeno le principali, acciò facendo i necessarii ragguagli, possa agevolarsi lo studio delle opere d'astronomia.

16. Specchio delle misure. — Nel § 7 della parte fisica abbiamo già dato un ragguaglio delle piccole misure, e come tipo delle medesime addottato il *metro*, lunghezza che si ottiene dividendo la quarta parte d'un circolo che passa pei poli della terra, in 10 milioni di parti.

Una linea circolare che è equidistante dai poli e cinge trasversalmente la terra, chiamata *equatore*, venne divisa in 360 parti uguali, ossieno gradi, di ciascun de' quali prendendo la 15ma parte, si costituì il miglio tedesco o geografico, del quale qui offriamo i confronti.

Un miglio tedesco eguaglia:

3806,7 tese; la tesa = 6 p. parig.	0,742 miglia nuove francesi
7407 metri.	0,978 miglia austriache
8096 yard: un yard = 3 p. ingl.	0,985 miglia prussiane
22840 piedi parigini	1,333 ore di mare
23639,6 piedi prussiani	4,611 miglia inglesi
29676 piedi assiani	6,956 werste russe

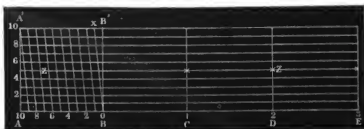
Ogniqualvolta in quest'opera si parlerà di miglia, s'intenderà sempre di miglia geografiche tedesche.

1 miglio nuovo di Francia	=	1 miriametro	=	10000	metri
1 » austriaco	=	24 mila piedi austr.	=	7586	»
1 » prussiano	=	24 mila » pruss.	=	7533	»
1 » tedesco geografico	=	$^1/_{15}$ di grado	=	7407	»
1 ora di mare	=	$^1/_{20}$ di grado	=	5556	»
1 lega antica di Francia	=	$^1/_{25}$ di grado	=	4444	»
1 lega di marina	=	$^1/_{60}$ di grado	=	1851	»
1 miglio inglese	=	1760 yardi	=	1609	»
1 wersta russa	=	3500 p. russi	=	1067	»
1 stadio antico	=	$^1/_{40}$ m. geogr.	=	185	»

17. Distanza. Riduzione delle misure. — Quando noi fissiamo un punto nello spazio, tutti gli altri punti riescono da quello più o meno *lontani*, e la linea retta tirata dall'uno ad un altro di essi, od immaginata, si chiama la loro più breve *distanza*. Potendosi considerare lo spazio come estensione illimitata, la lontananza non può da noi venir circoscritta a nessuna specie di misura e di numero. Si distinguono quindi distanze *misurabili* ed *immensurabili*; perchè le prime sole possono essere determinate con mezzi materiali o col calcolo, e secondo la loro grandezza, con misure diverse. Così calcoliamo aiutandoci cogli stromenti, le

distanze dei corpi celesti, per esempio di certe stelle dalla terra, prendendo per unità di misura il raggio terrestre; mentre per la superficie terrestre ci serviamo del miglio, della tesa, del metro, del piede, del pollice e della linea.

Immensurabili poi sono le lontananze per noi solo allora che non possono essere raggiunte nè dalla nostra vista nè dai nostri stromenti. Diciamo immensurabilmente piccola la distanza tra un atomo della materia ed un altro, e per contro immensurabilmente grande quella della maggior parte delle stelle fisse e molto più delle nebulose. Di tutte le sterminate lontananze che l'occhio non può raggiungere, noi possiamo farci bensì un tal quale concetto colla immaginazione; ma anche questo non basta, da che quelle inesprimibili degli astri si sottraggono ad ogni rappresentazione del nostro pensiero. A quest'uopo ci giova la riduzione delle misure (fig. 12) mezzo unico per renderle sensibili in qualche

Fig. 12.

modo. Ciò si ottiene mediante la *scala di riduzione*, stromento utilissimo in tutte le operazioni descrittive, e col quale si posson comporre disegni che rappresentino sopra una superficie prospettica i rapporti reciproci delle diverse parti.

In questo stromento costrutto giusta leggi geometriche, le linee $A\,B$, $B\,C$ ecc. rappresentano una data distanza; p. e. di miglia: $A\,B$ è diviso in 10 parti uguali, dunque in decimi di miglia: lo stesso dicasi di $A'\,B'$. Tirando una linea obliqua dal punto B al punto x, poi dalla seconda divisione di $A\,B$ alla terza di $A'B'$ e così di seguito, le linee parallele ad $A\,B$ diventano decimi d'un decimo di miglio, epperciò centesimi; quindi 1|10, 2|10, 3|10 ecc. come si scorge nel triangolo $B\,x\,B'$. Mediante un compasso si può perciò prender la lunghezza che si desidera in miglia intere, decimi, centesimi sullo stromento. Se io avessi, p. e., 2,3|4=2,75

miglia, da rapportare in un disegno secondo questa scala, metterei una punta del compasso in Z, l'altra al punto d'intersecazione della obliqua 7 e colla parallela 5 e l'apertura del compasso prenderebbe 2 interi, 7 decimi e 5 centesimi di miglio.

18. Determinazione delle distanze. — Quando materialmente si cerca la misura col *compasso* o con una *catena*, non si può certamente arrivare se non ad ottenere quella di brevi distanze, e perciò di un tal mezzo qui non occorre far parola, e tanto meno, che anche nelle misure relative alla terra è ben di rado che si adoperino, e non mai in quelle del cielo.

Qui parleremo non del modo di *misurar* le distanze, ma di quello di *calcolarle;* ed a quest'uopo dobbiamo necessariamente giovarci della geometria in quella parte che tratta della somiglianza dei triangoli, nonchè d'una qualche legge di trigonometria.

Nella fig. 13 si scorge fra i lati Ao e Bo l'angolo o colle sue linee sottese ab, a^1b^1 ecc. Queste linee naturalmente saranno più lunghe, quanto sono più distanti dal vertice dell'angolo o; perlochè a^1b^1 è tante volte maggiore di ab, quante oc^1 lo è di oc — quanto oa^1 è più grande di oa, e ob^1 di ob. Lo stesso dicasi per tutte le altre divisioni qui delineate fra il lato oA ed oB e le altre presumibili parallele relativamente ad ab. Quindi a^1b^1 si dirà di tante volte maggiore di a^3b^3 di quante lo sarà oa^1 di oa^3 e così via discorrendo.

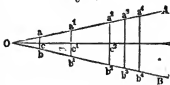



Fig. 13.

Da una tal semplicissima verità venne tratto il più gran profitto per calcolare tanto le verticali come le orizzontali distanze.

Sia $a''b''$ fig. 14 una torre, di cui vogliasi conoscer l'altezza, noi misuriamo da prima esattamente la così detta *linea costante* $b''o$; poi collocato ritto un paletto ab, sovr'esso dirigiamo l'occhio verso il più elevato punto a'' della torre. Ponendo ora un altro paletto $a'b'$ fra la torre e l'occhio osservatore, la cui punta a' sia per l'occhio in rettilineo con a'', immaginando tirate le linee $a''a'ao$, acquisteremo la cognizione che abbiamo indicata,

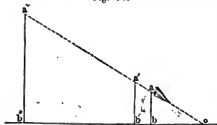



Fig. 14.

e dimostrata nella fig. 13. La linea $a''b''$, per quanto ivi si è detto, sarà tanto più lunga di $a'b'$ di quanto lo è $b''o$ di $b'o$. Se, p. e., $a'b'$ fosse uguale a 15 piedi, e $b'o$ a 30 piedi, ne segue che $a''b''$ sarà la metà della linea fissa misurata: se di 120 piedi quest'ultima, la torre sarà di 60 in altezza.

Essendosi inoltre notato che la lunghezza dell'ombra progettata dagli oggetti è rispondente all'altezza loro, anche da ciò si ebbe un facil modo per determinar dalla prima la seconda. Se noi prenderem la misura di un palo $a'b'$, fig. 14, piantato in terra e quella della sua ombra come pure dell'ombra della torre $b''o$; potremo a buon diritto argomentare che quante volte quel palo è più grande o più piccolo della propria ombra, d'altrettanto è più grande o più piccola l'altezza della torre in confronto della ombra sua.

Lo stesso procedimento, colle debite modificazioni è quello di cui si fa uso per computar la distanza fra due oggetti, ai quali non ci sia possibile direttamente arrivare, come sarebbero due cime di montagne ovvero due punti qualunque $a'b'$ (fig. 15) separati fra loro da una selva o da un bacino d'acqua. In questo caso basta conoscere la distanza ob' per pronunciare qual sia l'altra $a'b'$ come pur quella $a'o$. Con due pali infissi nei punti ab che sieno in rettilineo coll'occhio dell'osservatore e i due punti $a'ob'$, e colla linea d'unione dei due primi ab parallela ad $a'b'$ si ottiene un triangolo abc che si può facilmente misurare. Ora di quanto è maggiore il lato ob' di ob, d'altrettanto $a'b'$ supera ab.

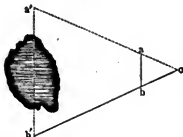
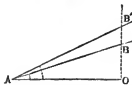



Fig. 15.

19. Misurazione trigonometrica. — Non di rado sopra elevati luoghi, specialmente sulle vette di monti isolati trovansi alcune piramidi di legno o di pietra sulle quali leggesi una iscrizione che avverte esser quello un *punto trigonometrico*. Si sa in generale che i medesimi servono alla misurazione della superficie del territorio, la quale vien da quel punto intersecata da un certo numero di triangoli che stendonsi sovr'essa formando una rete. Codesti triangoli vengono tutti partitamente misurati, e tanto importa la loro somma quanto la superficie contenuta nel territorio stesso.

Ma se ciò riesce facile ad enunciare, diventa all'incontro assai difficile dimostrare ove altri non intenda profondamente nella matematica; procureremo tuttavia di recare in quest'argomento la maggior possibile chiarezza.

L'angolo A della fig. 16 è chiuso dai due lati AB ed AO. Dal punto estremo B del lato AB viene tirata una perpendicolare BO sul lato AO. La linea AB deve avere una grandezza sempre *costante*, e quindi con tal epiteto la distingueremo. Ammettiamo che dessa sia girevole sul punto B. Se noi innalzeremo la costante AB fino, p. e., a prendere la posizione AB', vedremo che tanto

Fig. 16. Fig. 17.

l'angolo A, quanto anche la perpendicolare calata dal punto estremo della costante devono aumentare. L'angolo $B'AO'$ è evidentemente maggiore di BAO, come altresì $B'O'$ è maggiore di BO. La linea che aumentò sotto queste circostanze si chiama il *seno* dell'angolo A.

Supponiamo ora allo stesso angolo A, fig. 17, il lato AO costante, e conduciamo dallo stesso punto estremo O una perpendicolare OB, finchè tagli l'altro lato AB; se aumenta l'angolo A deve con esso eziandio aumentare quella perpendicolare, che si chiama la *tangente* dell'angolo A.

Come si vede *seno* e *tangente* sono due linee che stanno in determinati rapporti con un dato angolo e che crescono entrambi col crescere dell'angolo stesso. Si comprende senza difficoltà che la tangente cresce col crescere dell'angolo A più assai che non faccia il seno; e si è quindi trovata una legge colla scorta della quale venner compilate le così dette *tavole trigonometriche* nelle quali per ogni dato angolo è applicata la proporzione fra la sua tangente ed il seno, e la sua costante. Se noi, p. e., cerchiamo in queste tavole il seno d'un angolo di 30 gradi, vi troveremo apposto il numero 0,5, che vuol dire che per questo angolo il seno è grande la metà della costante.

Dalle cose premesse si deduce come dalle date grandezze d'un angolo e di uno dei suoi lati, coll'aiuto delle tavole trigonometriche

possano trovarsi il seno o la tangente, cosa di preziosa applicazione nella pratica, come più chiaramente emergerà da un esempio.

Sia OB della figura 18 l'altezza d'una torre che si vuol determinare. Suppongasi con esatta misurazione conosciuta già la grandezza della linea costante AO, corrispondente a piedi 430 come pure quella dell'angolo A a 35°. Teniamo OB come tangente dell'angolo A, ed avremo nella tavola il numero 0,7, cioè la tangente OB essere 7/10 della costante AO. Un decimo di 430 è 43, quindi $OB = 7 \times 43$, lo che vuol dire l'altezza della torre essere di 301 piedi.

Fig. 18.

20. Distanza e grandezza dei corpi celesti — Per misurare esattamente tanto le verticali che le orizzontali distanze dalla superficie terrestre non si adoperano mai i procedimenti esposti al § 18, ma sempre i calcoli trigonometrici. Nei corpi celesti poi questi diventano i soli mezzi possibili per arrivare allo scopo. Siccome in tal caso il raggio della terra vien preso come linea costante, è necessario innanzi tutto di stabilirne la grandezza, e questo si ottiene nel modo seguente. Immaginiamoci che il circolo segnato nella figura 19 rappresenti la terra, e che a ed a' sieno due osservatori separati fra loro dell'arco aa', il quale abbia la lunghezza misurata, p. e. di miglia 30. Ognuno di questi guarda contemporaneamente una stella fissa che gli sta verticale sopra la testa ss'; in guisa che le linee tirate da quei punti, prolungate fino al centro della terra avessero ad incontrarsi e formar ivi un angolo c. Noi non possiamo misurare quest'angolo, perchè il centro della terra ci è inaccessibile: ma la distanza delle stelle fisse dalla terra è così straordinariamente grande, che non porta alcuna differenza se l'osservatore misuri dal punto a della superficie terrestre invecechè dal centro medesimo l'angolo formato dalle due linee immaginarie tirate dalle due stelle ss' al suo occhio. Per servirci d'una similitudine, questa differenza è di così lieve momento come se l'occhio d'un falco da due lontane montagne guardasse un grano di miglio piuttosto nel suo punto centrale che da un de'suoi lati. Quindi senza tema di commettere errore, poniamo l'angolo c uguale all'altro angolo sas' e misuriamolo.

Fig. 19.

Trovatolo uguale *a* 2 gradi, sapremo, stando ai già esposti ragguagli che un arco di cerchio *aa'* di 30 miglia sta sopra un angolo di 2 gradi: che conseguentemente ogni grado importa un miglio tedesco locchè dà per tutta la circonferenza terrestre (la quale comprende com'è noto 360 gradi) una lunghezza di 5400 miglia tedesche; giacchè 360 + 15 = 5400, e poichè secondo ciò che fu detto al § 11, la circonferenza d'un cerchio è 3, 14 volte maggiore del suo diametro, ne deriva che il diametro della terra sarà di $\frac{5400}{3,14} = 1719$ miglia tedesche.

21. Se due persone *A C*, fig. 20, da diversi luoghi determinati fissan lo sguardo sul medesimo punto *M*, le loro linee visuali si tagliano naturalmente in *M* e formano un angolo, il quale

Fig. 20.

vien chiamato *angolo parallatico*. Se in *M* si trovasse un occhio, quello sarebbe l'angolo visuale (V. *Fisica* § 177) sotto il quale si troverebbe la linea costante *AC* dei due osservatori. — L'angolo *M* esprime adunque l'apparente grandezza che avrebbe *A C* se fosse guardato dal punto *M*, e questa è detta la *parallasse* di *M*.

Sia ora *M* la luna, *C* il centro della terra desunto dalla sua circonferenza, *AC* è la parallasse della luna, che è quanto dire l'apparente grandezza che dovrebbe avere il raggio terrestre se fosse veduto dalla luna. Se invece la luna fosse guardata ad un tempo da *A* sul cui orizzonte sta *M*, e da *B* sopra il cui vertice *M* si trova, e le loro linee visuali si prolungassero sino al centro della terra, ne avremmo (riunendo i punti *ACM*) il triangolo *ACM*.

Ora siccome *AM* essendo una tangente (§ 11) cade perpendicolare sul raggio *A C*, così l'angolo *A* è retto, e la grandezza dell'angolo *C* è conosciuta per mezzo dell'arco *A B* che rappresenta la distanza reciproca dei due osservatori. Essendo nota pertanto la grandezza di due angoli d'un triangolo, riesce facile saper quella del terzo, perchè è certo che tutti gli angoli d'un triangolo sommati insieme sono uguali a due retti (= 180). Per tal guisa si troverà che l'angolo in *M* il quale si chiama comunemente la paral-

lasse della luna, corrisponde a 56 minuti e 58 secondi. Sappiamo dunque nel triangolo rettangolo MAC la grandezza dell'angolo $M = 56' 58''$, come pure quella del raggio terrestre = 860 miglia tedesche, e ciò basta per trovare coi calcoli trigonometrici la grandezza del lato MC che è quanto dire la distanza della luna dalla terra. Imperciocchè AC è il seno dell'angolo M e secondo le tavole, il seno d'un angolo di $56' 58'' = \frac{1652}{100{,}000}$. In altri termini, per quel che abbiamo accennato al § 19, ciò verrebbe a dire dividiamo la costante MC, ossia la distanza della luna in 100,000 parti uguali, e il seno AC, cioè il raggio, sarà uguale a 1652 di queste parti. Siccome 1652 è contenuto 60 volte in 100,000, cosl la distanza della luna uguaglia 60 raggi terrestri, ovvero 60 + 860 = a 51,600 miglia tedesche.

In codesta guisa si calcolò la parallasse del sole $= 8' 6''$ e quindi la distanza del sole fu trovata di 20 milioni di miglia tedesche.

22. — Ma quantunque siasi potuto conoscere e misurare la distanza del sole e della luna, non meno che l'apparente grandezza d'entrambi, tuttavia non torna del pari facile il misurar la reale loro grandezza. Figuriamoci rappresentato da AC (fig. 20) il raggio della luna; e da AM la distanza di questa dalla terra, se consideriamo AM come la costante, avremo AC per tangente trigonometrica dell'angolo M. Ora si è misurato colle osservazioni l'apparente diametro della luna, o l'angolo visuale, sotto il quale essa apparisce all'osservatore collocato in $M = 31' 16''$. La grandezza apparente del raggio lunare importa perciò 15' 38''. La tangente trigonometrica d'un angolo di 15' 38'' ha colla costante il rapporto di 454 : 100,000. Quindi essendo la costante $AM =$ 51,600 miglia, si ha per $AC = \frac{454 \times 51{,}600}{100{,}000} = 234$ miglia, e pel vero diametro della luna, ch'è doppio di AC, 468 miglia. In questo modo si ragguagliò l'apparente diametro solare, il quale è uguale a 32' 0,88/100'', e tenuto calcolo della sua distanza, il diametro reale in 192,608 miglia.

II.

Fenomeni astronomici generali.

A) — La terra.

23. Forma. — È un grande vantaggio per la dimostrazione e l'intelligenza delle cose astronomiche, che fino dalla prima gioventù altri siasi resa famigliare l'idea che la terra al paro di tutti gli astri sia un corpo rotondo, e che tutti esistano isolati nello spazio e sospesi. Nelle nostre trattazioni future dovremo prender da questa idea le mosse come da una premessa già conosciuta ed accettata, e limitarci a offerirne le prove dimostrative.

A confermare la forma sferica della nostra terra parlano irrefragabilmente i fatti seguenti. Da qualunque punto di essa che per noi si voglia scegliere, non ci sarà dato vedere intorno a noi se non una proporzionatamente ben piccola parte della sua estensione, la quale dovrebbe essere di molto maggiore se tutta la superficie terrestre fosse un piano perfetto. Teniamo l'occhio sovra un mare tranquillo ad un bastimento nell'atto che si allontana da noi (fig. 21), e lo vedremo a poco a poco scomparire, ma

Fig. 21.

di modo che prima si rende invisibile la sua parte inferiore, poi di mano in mano anche i suoi alberi, e le sue banderuole. Questo fenomeno è analogo a quello che ci presenterebbe un individuo che discendesse giù per una tondeggiante collina; noi perderemmo di vista, prima i suoi piedi e poscia anche il suo cappello, mentre questo sarebbe il primo che movendosi in senso contrario si presenterebbe agli occhi nostri. Inoltre innumerevoli viaggiatori hanno dimostrato col fatto, che qualunque sia la direzione presa per terra o per mare, si può compiere un viaggio in giro intorno a questa terra, per guisa che partendo da un punto della sua superficie, e

continuando sempre a far cammino nel medesimo senso, si ritornerebbe per ultimo al punto medesimo, donde fur prese le mosse, ove molti ostacoli non impedissero di serbar sempre l'identica direzione. Si argomenta infine la sfericità della terra dalla forma rotonda dell'ombra projettata nell'ecclisse lunare sulla luna stessa, e dalla circostanza che in molti altri corpi celesti la figura sferica è posta fuori di dubbio da tutte le osservazioni.

Malgrado codesta forma sferica la terra si offre allo sguardo nostro come un piano, in conseguenza della sua grandezza che è molto considerevole rispetto a noi, per quanto insignificante in confronto delle immense moli celesti. Perfino dalle cime di monti alti ben 10m. piedi, l'occhio non può scorger più che 1/4000 della sua superficie e questa piccola porzione gli si presenta piana (sull'appianamento della terra. (V. *Fisica* § 65).

24. Grandezza della terra. — Nel § 21 abbiamo accennato come riesca possibile trovar la misura d'un corpo così grande qual è la terra. Le sue dimensioni sono indicate nei seguenti numeri in miglia tedesche.

Diametro terrestre = miglia		1719
Grande circonferenza	»	5400
Superficie	»	9,282,060 m. quadrate
Volume	»	2,659,310,190 m. cubiche

Risulta da queste cifre che le più grandi elevazioni terrestri, come sarebber le alte montagne, non hanno rispetto alla forma del globo intero veruna importanza. E infatti se immaginassimo la terra rappresentata da una sfera di 16 pollici di diametro, troveremmo le nostre più eccelse vette non si alzerebbero più che minuti granelli di sabbia d'1/100 di pollice, i quali aderissero alla sua superficie.

25. Divisione della terra. — Una biglia scorrente entro una guida, oltre al moto di traslazione, ci appare animata anche da un altro movimento. Se immaginiamo che alla sua superficie sian attaccati alcuni granelli di sabbia, questi secondo il posto in cui si trovano successivamente, descrivono piccoli o grandi cerchi aventi il loro centro in un punto che rimane immobile rispetto ad essi. La linea formata da codesti punti centrali delle varie circonferenze descritte dagli anzidetti granelli, costituisce ciò che dicesi l'asse di rotazione della biglia medesima.

É provato che la terra (fig. 22) si muove intorno ad un asse *NS*, le cui estremità ebbero il nome di *poli*. L'uno *N* è il *polo Nord*, l'altro *S* il *polo Sud* e il circolo massimo intermedio ed equidistante

dai medesimi $A\,Q$ è l'*equatore*, così detto perchè divide la terra in due parti uguali o in due emisferi, il settentrionale e il meridionale. L'equatore vien ripartito in 360 gradi (§ 21) di cui ognuno misura 15 miglia *tedesche* ovvero Kil. 111. Da ciascuno di codesti punti di divisione figuriamoci un circolo che passi pei due poli, in guisa che tutto il globo sembri fasciato da 180 simili linee, delle quali sono qui designate alcune soltanto distanti l'una dall'altra 30 gradi. Queste linee che tagliano ad angoli retti l'equatore, e passano pei due poli terrestri, si dissero *meridiani*, che sono per natural conseguenza uguali fra loro. La distanza sull'equatore fra l'uno e l'altro è di 15 miglia tedesche, ma essa va naturalmente diminuendo sempre più verso il polo, stante il loro progressivo avvicinamento.

Fig. 22.

Per determinare i meridiani bisogna prender le mosse da un convenuto punto, il quale p. e., è A nella fig. 22. Si stabilì nei primordii della scienza un *primo meridiano* che passava per l'Oceano Atlantico, le coste occidentali dell'Africa, e precisamente per la vicina *Isola del ferro;* e da questo si cominciò a contare gli altri meridiani. In seguito in ciascun paese in cui si coltivò l'astronomia, venne assunto, come punto di partenza, un proprio meridiano, Quindi l'Inghilterra prese per norma quello che passa per l'osservatorio di Greenvich, la Francia quello dell'osservatorio di Parigi, l'Italia quello di Roma, o di Milano, l'Austria quello di Vienna, l'America quello dell'osservatorio di Wasington — Greenvich sta a 17° 40' all'est dell'Isola del ferro, Parigi a 20° parimente est, Washington a 59° 23' all'ovest.

La distanza di ciascun meridiano da quello che fu addottato come primo, si chiama la sua *longitudine*, e noi ci serviamo di questa per determinare la situazione di un luogo sulla superficie terrestre. Dato che L (fig. 22) sia una città, la sua longitudine sarà di 30° perchè giace sotto un meridiano distante dal primo di 30 gradi. Così, p. e., la longitudine dell'Ekla in Islanda = 1°, di Oporto 9°; di Parigi 20°; di Vienna 34°; di Bagdad 63°; di Calcutta 94°, di Canton 131° e così di seguito. In tale enumerazione

abbiam descritto il cammino di mezza la sfera terrestre, e perciò raggiunta la massima distanza dal primo meridiano, trovandoci così al punto opposto della terra; dal quale dilungandoci ancora ci riavvicineremmo sempre più al punto primitivo di partenza.

26. — Si comprende però facilmente che collo stabilire la longitudine d'un luogo non si è per anco sufficientemente fissata la sua posizione sulla superficie terrestre; perchè se io dicessi: la longitudine d'un tal luogo è a 30°; potrebbe essere inteso qualunque punto dell'intero circolo *NLS* fig. 22. Bisognava adunque delimitar meglio questo punto; e si giunse ad ottener ciò primamente col dividere il primo meridiano dall'equatore ai poli, tanto nell'uno che nell'altro degli emisferi, in 90 parti eguali che

Fig. 23.

si dissero gradi di *latitudine*. I circoli tracciati per ciascuno di questi punti paralleli all'equatore si portano verso i poli, sempre decrescenti di mano in mano che ai medesimi si vanno accostando, e sono denominati i *circoli paralleli*.

Sotto il nome di *latitudine* d'un *paese* s'intende pertanto la sua distanza dall'*equatore* verso il polo, e si distingue per ciò in

settentrionale o *Nord*, e *meridionale* o *Sud*, secondo che il luogo appartiene all'emisfero boreale, od all'australe.

Così, p. e., il punto L (fig. 22) ha 30° di longitudine e 60° di latitudine Nord, e sta per ciò nella Svezia meridionale.

Una più precisa definizione della situazione d'un paese o luogo qualunque si ottiene suddividendo in minuti e secondi i gradi di longitudine e di latitudine. Abbiamo già notato nella introduzione che ogni grado è diviso in 60 minuti; e ogni minuto in 60 secondi.

Riesce chiarissima ed evidente una tale ripartizione della superficie terrestre ogni qualvolta si disegnino sopra una sfera le principali fra le linee sovra descritte, e vi si facciano coincidere i contorni delle varie parti del mondo, ed i luoghi più conosciuti. Un apparecchio così conformato chiamasi *Globo terracqueo*, fig. 23. Esso è fissato con due perni ad un circolo d'ottone MM denominato il *meridiano*, distante dal globo quanto basta perchè esso possa ruotare intorno al proprio asse. Con questo mezzo si possono rappresentare tutte le varie posizioni della terra che sono in corrispondenza colla sua rotazione. Il meridiano rimane fissato in due intagli fatti sovra un'armatura orizzontale, ed in un terzo scolpito sul piede della medesima. Mediante questo stromento si può collocare il globo in qualunque posizione piaccia all'osservatore per far le sue considerazioni nel modo stesso che diremo parlando del Globo Celeste al § 43. Il piano orizzontale HH' rappresenta l'orizzonte dell'osservatore.

Nel prospetto seguente sono indicate le longitudini, e le latitudini di alcuni principali paesi, avvertendo che le longitudini scompagnate da qualsiasi altro segno devono intendersi *orientali*, e quelle segnate *O occidentali*. Parimenti le latitudini segnate *S* sono *meridionali*, quelle non segnate settentrionali. I calcoli delle longitudini si riferiscono al meridiano di Parigi, come a quello che è più frequentemente adoperato nelle opere scientifiche di tale argomento.

LONGITUDINI E LATITUDINI DI ALCUNI PRINCIPALI PAESI

CITTÀ	Longitudine	Latitudine	CITTÀ	Longitudine	Latitudine
Ajaccio . . .	6°,23	44°,12′	Greenwich. .	2°,20 *O*	51°,28
Aleppo . . .	34, 50	36, 11	Horn Capo .	69, 41 *O*	55, 58 *S*
Alessandria d'Egitto .	27, 35	31, 13	Lima.	79, 27 *O*	12, 02 *S*
Algeri	0, 44	36, 48	Lione	2, 29	45, 45
Amburgo . .	7, 38	53, 32	Lisbona . . .	11, 28 *O*	38, 42
Amsterdam .	2, 33	52, 22	Londra . . .	2, 26 *O*	51, 30
Anversa . . .	2, 03	51, 31	Madrid . . .	6, 02 *O*	40, 24
Arcangel. . .	38, 23	64, 13	Marsiglia . .	3, 02	43, 17
Astrakan . .	45, 52	46, 21	Mecca	37, 54	21, 28
Atene	21, 25	37, 58	Messico . . .	101, 25 *O*	19, 25
Avana	84, 43 *O*	43, 38	Milano. . . .	6, 51	45, 28
Barcellona .	0, 10 *O*	23, 09	Monaco . . .	9, 14	48, 08
Berlino . . .	11, 02	52, 31	Mosca	35, 12	55, 45
Bologna . . .	29, 01	44, 29	Napoli	11, 55	40, 50
Bruxelles . .	2, 02	50, 50	Odessa. . . .	28, 25	46, 30
Buenos-Ayres	60, 51 *O*	34, 35 *S*	Oxford. . . .	3, 35 *O*	51, 45
Cadice	8, 37 *O*	36, 32	Palermo . . .	11, 01	38, 06
Cajenna . . .	54, 35 *O*	4, 56	Parigi	0	48, 50
Cairo.	28, 58	30, 03	Pechino . . .	114, 07	39, 54
Calcutta . . .	86, 09	22, 36	Pietroburgo .	27, 58	59, 56
Copenaghen .	10, 14	55, 41	Praga	12, 05	50, 05
Costantinopoli .	26, 35	41, 01	Riga	21, 47	56, 57
Cracovia . . .	17, 36	50, 03	Rio-Janeiro .	45, 05 *O*	22, 54 *S*
Dresda. . . .	11, 22	51, 02	Roma	10, 09	41, 53
Dublino . . .	8, 39	53. 21	S. Elena . . .	8, 09 *O*	15, 55 *S*
Edimburgo .	5, 30 *O*	55, 57	Siena	30, 34	[illegible], 05
Filadelfia . .	77, 07 *O*	39, 56	Stoccolma. .	15, 43	59, 20
Firenze . . .	8, 55	43, 46	Tenerifa. . .	19, 00 *O*	28, 17
Francfort . .	6, 15	50, 07	Torino. . . .	5, 20	45, 04
Genova . . .	6, 37	44, 33	Trieste . . .	11, 26	45, 38
Gerusalemme	33 *O*	31, 47	Venezia . . .	10, 00	45, 25
Gibilterra . .	7, 90 *O*	36, 06	Vienna. . . .	14, 02	48, 12
Ginevra . . .	3, 44	44, 33	Washington .	79, 19 *O*	38, 55

Il Meridiano è dall'Equatore sopra e sotto, come abbiam detto, diviso in 90 parti o gradi. Quando si vuol trovare la posizione di un luogo, basta portar, ruotando il globo, quel luogo stesso

sotto il meridiano, e legger sovra di questo il grado di latitudine corrispondente. Per trovar poi la sua longitudine basta leggerla scritta sui 360 gradi dell'equatore.

Gli ulteriori usi del Globo emergeranno dalla descrizione della sfera armillare § 43 e 44.

In tal modo calcolando dal meridiano di Parigi, troveremo che l'Europa intiera giace fra il 12° di longitudine occidentale e il 62° di longitudine orientale, e che la sua latitudine è tra il 34° e il 71° boreale.

L'Italia è posta fra il 4° e il 16° di longitudine orientale, e fra il 37° e il 47° di latitudine boreale. — La Francia tra il 7° 9' di long. occidentale e il 5° 56' di long. orientale, e tra 42° 20' e 51° 5' di latitudine boreale. — La Confederazione germanica tra il 2° 10', e il 18° di longit. orientale, e fra 45° 50' e 55° di latitudine boreale.

B) — Divisione del Cielo.

27. — Il punto fisso donde l'occhio umano si slancia nell'immenso spazio mondiale, è la *terra*. Anche senza possedere esatte conoscenze astronomiche possiamo presupporre che molte cose ci possono venir rappresentate in maniere diverse quando noi volgiamo lo sguardo alla Luna, al Sole o ad una delle stelle più lontane. Ci è necessario anzitutto scompartire questo grande spazio celeste in modo che le sue divisioni trovino qualche corrispondenza colla nostra terra, e con noi stessi, segnare alcuni punti fissi, alcune linee e regioni senza di cui non ci sarebbe possibile nè raccogliere le nostre osservazioni, nè farci intendere dagli altri, su tutto ciò che riguarda i fenomeni che nel cielo si presentano.

La forma sferica della terra non ci permette di stabilire un *sopra* ed un *sotto;* e perciò ogni osservatore prende il suo punto fisso in alto. Se noi ci troviamo, p. e., in un punto *o* della terra (fig. 24) l'abitante della parte opposta si troverà necessariamente sotto i nostri piedi: ma l'abitante *o'* avrebbe ragione di dire lo stesso di noi; ciascuno dei due è ritto del pari, perchè tien sotto ai piedi la terra, e vede sovra il suo capo la volta celeste; quindi il creder che i nostri *antipodi* abbiano a star col capo in giù, è un'illusione; il *su* e il *giù* non è che relativo.

Tirando una linea verticale attraverso il corpo dell'osservatore

in *o*, e prolungandola da un estremo e dall'altro a proprio talento, essa passerebbe pel punto *c* centro della terra e pel punto *Z* che sta direttamente a perpendicolo sul capo dell'osservatore stesso. Questa linea ebbe il nome di *Zenit*, come si disse *Nadir* l'opposta che va al centro terrestre.

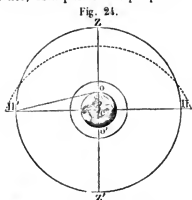



Fig. 24.

Una stella od un astro, quale p. e. il Sole, che si trovi al punto *Z* si dice essere allo Zenit dell'osservatore *o*, nel tempo stesso che in *Z'* un astro o corpo celeste sarebbe al suo Nadir, e per conseguenza allo stesso invisibile.

28. — Se noi guarderemo dal punto *o* verso il cielo stellato, tutte le stelle che vi scintillano ci parranno coll'occhio ad ugual distanza; avremo un'impressione analoga a quella che trovandoci sotto una cupola altissima, sulla cui interna parete fossero state infisse quelle stelle. Questa apparente volta celeste che cinge tutto intorno la terra è rappresentata da un cerchio *ZH'Z'HZ;* ma naturalmente la distanza da *o* a *z* è infinitamente maggiore di quel che possa con alcuna proporzione raffigurarsi. Egli è da notare oltracciò, che in conseguenza di ottica illusione quella volta celeste non ci sembra esattamente emisferica, sì piuttosto alquanto schiacciata come mostra la linea punteggiata.

29. — *Orizzonte reale ed apparente.* Se l'osservatore, anzichè in alto rivolge il suo sguardo tutto all'ingiro sulla superficie terrestre, questa gli si affaccia come un piano rotondeggiante del quale a lui sembra di esser nel centro. Più che altrove egli avrà codesta percezione sul mare aperto e tranquillo o sui luoghi elevati (cime di monti). Un cosiffatto circolo visuale, che si denomina *orizzonte apparente*, gli si mostrerà limitato tutto all'intorno dalla volta celeste, come se la medesima riposasse su di esso e da lui fosse portata. Fu già accennato che da un'altezza di ben 10,000 piedi l'occhio non iscorge che 1/4000 della superficie terrestre, ed all'altezza di 25,000, la più elevata possibile, e non raggiunta mai da nessun uomo, il raggio di visuale di lui non sarebbe maggiore di 3185 chilometri (43 miglia tedesche).

Dalla sommità di un monte (fig. 25) al piede d'una torre che sorga

sovr'esso, si vede il punto P ch'è alla massima distanza visuale; e si vede tanto chiaramente quanto se lo si guardasse dal vertice

Fig. 25.

della torre stessa. L'altezza infatti di questa è troppo piccola, ed ha nessuna influenza per le distanze estreme degli oggetti, cosicchè a nulla giova per estendere il nostro orizzonte. Ma che invece sia di molto rilievo pei punti vicini, lo mostra il punto P', il quale dal piè della torre non sarebbe veduto.

La stessa verità manifestasi in grande, quando si tratta della terra in relazione alle enormi distanze delle stelle. Il raggio terrestre oc (fig. 26) è per riguardo a quelle distanze d'una grandezza affatto incalcolabile; ed è certo che quell'osservatore, che supponiamo collocato nel punto centrale c, non ravviserebbe una più grande porzione di cielo di quello che farebbe uno il qual si trovasse alla periferia in o. Infatti una stella posta in H' può essere veduta egualmente bene da o come da c, e quindi un piano $H'cH$ che passasse pel centro della terra oppure che dal Zenit al Nadir ZZ' dell'osservatore o la tagliasse verticalmente, formerebbe il *vero orizzonte* del medesimo. Perciò in astronomia s'intende sempre per orizzonte un piano sì fatto, il quale come ben si vede taglia il cielo in due grandi metà, di cui una è superiore, l'altra inferiore all'orizzonte stesso e quindi un oggetto quando è posto in quest'ultima non è possibile che sia veduto.

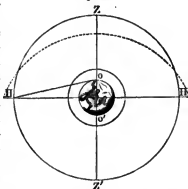



Fig. 26.

30. — *Movimento apparente dei Corpi celesti.* Quando noi moviamo in una carrozza con una certa velocità, ci sembra che gli oggetti esistenti lungo la strada da noi percorsa, p. e. gli alberi, le case, si muovano in senso opposto, quasi ci venissero

incontro, o ci scappassero di fianco. È questa una specie di movimento apparente tanto conosciuta, che non potrebbe illudere quasi neppure un fanciullo.

Ma da una uguale illusione non siamo noi preservati tutto giorno in conseguenza della rotazione della terra intorno al proprio asse; ci sembra infatti che noi stiamo fermi in mezzo della volta celeste, la quale anzi sia essa medesima che colle sue stelle si mova intorno alla terra. E per verità fu questa per secoli interi la persuasione degli abitatori della terra, e non è facile pure a correggere oggidì.

Dobbiamo a quest'uopo la prima cosa farci ad esaminar i fenomeni del cielo, affine di riconoscere se sia vero e reale che, come suo centro, la terra stia ferma ed immobile. Dobbiamo farci convinti che quando si parla di levata e di tramonto delle stelle, non sono da considerare questi movimenti se non quali apparenze. Anche nelle bisogne della vita abbiamo conservate codeste espressioni, cosicchè gran parte della astronomia non in altro consiste se non in una traduzione dei fenomeni celesti apparenti nei reali.

31. — L'attenta contemplazione del firmamento può mostrarci in una sola notte come tutte le stelle visibili descrivano altrettanti circoli che sono tanto minori quanto più le stelle sono prossime al punto P (fig. 27) del cielo. Ma nella vicinanza di questo punto si trova una stella abbastanza lucente che dicesi *stella polare*, la quale non manifesta quasi verun movimento, e all'occhio sembra fissa sempre allo stesso posto. Per la grande importanza che questo punto ha nella astronomia, vogliamo colla figura 28 tracciare il modo di ritrovarla nel cielo.

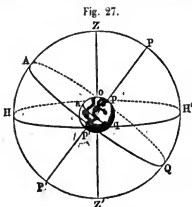



Fig. 27.

Si prenda di mira la costellazione dell'*Orsa maggiore*, formata di sette lucide stelle, e facile a rintracciarsi nell'emisfero nordico in tutte le stagioni. Si fissi la linea che unisce le due stelle a e b e si prolunghi questa linea in direzione di b verso a, e in questo prolungamento a una distanza che è circa 5 volte e mezzo quella che separa le dette due stelle, si troverà la polare, di cui si va in cerca. Da questo punto, immaginando tirata una retta che passi pel

centro della terra PP', fig. 27, questa rappresenterà l'asse celeste, vale a dire quella linea intorno alla quale tutti gli astri eseguiscono il loro moto apparente. La porzione pp' dell'asse celeste che passa pel centro della terra, è l'*asse terrestre*, il cui polo nord p si trova corrispondente alla stella polare, l'altro sud si trova all'estremità diametralmente opposta.

Fig. 28.

Abbiamo adunque col soccorso degli astri trovato l'asse della terra, il quale serve ad un tempo eziandio a designare l'*equatore*. Imperciocchè se pp' è l'asse, aq che si trova equidistante dai poli, taglia la terra ad angolo retto sull'asse medesimo.

Supponendo ora ingrandito il piano dell'equatore terrestre fino a toccare la volta del cielo, avremo l'*equatore celeste* $A\,Q$, che dividerà la gran volta in due metà o emisferi, l'uno nordico, e l'altro sud. Certo non ci sarebbe possibile disegnare l'equatore sul cielo, ma sì bene possiamo tracciarlo colla immaginazione e fermar l'occhio su quelle stelle a traverso le quali scorre la linea ideale di esso. Nelle osservazioni astronomiche s'intende sempre parlare dell'equatore celeste.

Possiamo ad un osservatore sulla superficie terrestre dare posizioni differenti, relativamente all'asse della terra stessa, le quali avranno influenza essenziale sul modo con cui gli si manifesteranno nel cielo i fenomeni. Ora egli può trovarsi in un punto dei due poli, p. e. in p, ora in un punto equatoriale, p. e. in a, or finalmente in qualunque altro sito della superficie del pianeta che sia interposto fra il polo e l'equatore come p. e. in o.

Quest'ultimo caso è il più frequente, anzi può dirsi quello in cui trovansi tutti gli abitatori dell'Europa, e quello che noi infatti sceglieremo per la esposizione dei fenomeni, designandolo con o nella figura 27. Questo punto è distante circa 40° dal polo nord, e situato a un dipresso nel centro della Germania.

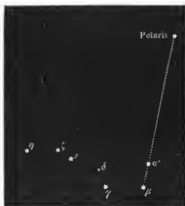
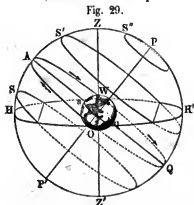
32. Fenomeni del giorno. — Se dal nostro punto fisso che

nella figura 29 abbiamo segnato in S, il 21 marzo sul mattino un po' avanti le 6 ore, guarderemo la regione più lucente dell'orizzonte, vedremo ad un punto O della medesima levare il sole.

Fig. 29.

Questo punto nel quale ha luogo l'apparizione, si dice *Est* o *levante*, e nella parte opposta dello stesso orizzonte a 180° dall'est, nel punto W si avrà il *ponente* o l'*Ovest*. Guardando da est ad ovest, si avrà a distanza di 90° dall'ovest il punto H, che si chiama il *mezzogiorno* o *Sud* e di rincontro a questo a 90° dall'ovest nel punto H' la *tramontana* o sia il *Nord*.

Questi quattro punti si chiamano *cardinali*, e le linee rette che li uniscono si tagliano nel centro della terra ad angolo retto: quella che unisce nord con sud è detta la *linea meridiana*.

33. — La rotazione della terra si compie da ovest verso l'est; in conseguenza di che vediamo il sole, dopo che è sorto in O ascendere per un arco che taglia l'orizzonte ad angolo acuto $A\,O\,H$ (fig. 29) e che si chiama perciò un *arco obliquo*, e sempre più elevarsi nella direzione indicata dalla freccia.

Di tal guisa il sole pervenuto al suo *punto culminante* in A segna per noi il *mezzogiorno*, e da quell'ora, volgendosi secondo la direzione della seconda freccia, di nuovo verso l'orizzonte declina e *tramonta* al punto occidentale W. Finch'esso si trova sopra l'orizzonte coll'abbagliante sua luce rischiara la terra e l'atmosfera che sta al disopra dell'osservatore di tal maniera da ecclissare il lume di tutte le stelle e degli astri che splendono in cielo, ed a renderli invisibili. Questa parte del viaggio apparente del sole costituisce ciò che chiamasi *giorno*, in quanto si distingue dalla *notte*, in cui esso è invisibile, e l'arco $O\,A\,W$ descritto in quel viaggio è detto l'*arco diurno*.

Appena il sole è tramontato finisce il giorno chiaro, succede il crepuscolo, e poco appresso la notte, in cui la terra è coperta di tenebre intantochè il cielo ci si mostra tutto seminato di stelle, alle quali non di rado si associa la luna, che col suo pallido lume diminuisce notevolmente l'oscurità della notte. L'arco $W\,Q\,O$ che

il sole percorre sotto l'orizzonte appellasi l'*arco notturno*. Q è il punto della sua *culminazione inferiore*.

Il tempo impiegato in codesto apparente movimento del sole da O fino ad $A\ W Q$, e di nuovo fino ad O vien detto un *giorno medio* o più brevemente una *giornata*, ed è di 24 ore.

Si vede a primo tratto, che il cammino $O A W Q O$ percorso dal sole il 21 marzo è quella linea medesima che noi al § 32 accennammo sotto il nome di *equatore celeste*, e che perciò il sole in un tal giorno percorre l'equatore. Si comprende inoltre che l'arco diurno $O A W$ ò uguale al notturno $W Q O$, finalmente che notte e giorno hanno durata uguale, cioè di 12 ore ciascuno. Questa epoca è detta perciò *equinozio di primavera*.

È a tutti noto come la rispettiva lunghezza del giorno e della notte varii di molto nel corso intero dell'anno, attese le diverse posizioni della terra, nelle quali è impossibile che il sole rimanga sull'equatore. Ed infatti alcune settimane più tardi, il sole si vede più alto sull'orizzonte $H H'$, e più vicino al polo P''; altezza che va aumentando sempre fino al 21 giugno, in cui il punto di mezzodì arriva al suo apogeo S'. Una tale elevazione importa allora gr. 23 1|2; l'arco diurno è in quel giorno maggiore del notturno, il giorno quindi più lungo della notte, e quell'epoca prende perciò il nome di *Solstizio d'estate*.

Da quel giorno gli archi descritti dal sole vanno di nuovo avvicinandosi sempre più all'equatore, tanto che al 23 settembre l'astro ritorna su questa linea $A\ Q$, dando luogo all'*equinozio d'autunno*. Nei giorni successivi le notti e i giorni cessano un'altra volta d'essere uguali perchè il sole si allontana dall'equatore verso il sud, e quindi gli archi diurni vanno decrescendo progressivamente fino al 31 dicembre in cui vien raggiunto il *solstizio d'inverno*, ed allora si ha il più breve giorno dell'anno. Da questo punto il sole di nuovo si eleva avvicinandosi all'equatore finchè ritorni al punto primitivo del 21 marzo.

Il periodo entro cui sogliamo fare questa osservazione; quello cioè che il sole impiega per salire al punto S' e quindi ridiscendere all'equatore, costituisce ciò che dicesi *anno*, in cui si comprendono esattamente 365 giorni, 5 ore, 48 minuti e 48 secondi.

Contemporaneamente noi ci accorgiamo che il sole non si leva nè tramonta sempre nel punto stesso dell'orizzonte, ma si avvicina più verso il nord (H') quando i giorni s'allungano, o verso il sud (H) quando essi s'accorciano. Il punto O in cui il sole si trova nell'equinozio si dice *punto di primavera*.

34. Eclittica. — Da questa esposizione ben si può intendere come il sole abbia per noi due forme di movimenti apparenti, cioè un moto circolare obliquo rispetto all'orizzonte ed ascendente, che noi spieghiamo colla rotazione della terra e colla posizione della sfera terrestre rispetto al proprio asse; e inoltre un moto ascendente e discendente che si manifesta fra i due solstizii S ed S' (fig. 30) dal quale procede il divario fra i giorni e le notti. Facciamo prima astrazione del moto giornaliero solare, e notiamo ora, che all'epoca del solstizio d'estate (il 21 giugno) il meriggio trovasi in S', e mezzo anno dopo, a mezzanotte del 21 dicembre è in *s*, d'onde dopo un altro mezzo anno ritorna ad S': potremo così rappresentarci chiaramente al pensiero questo giro annuale del sole sotto forma d'un circolo, il cui diametro è $S's$ e questo è quel circolo che appellasi *eclittica.*

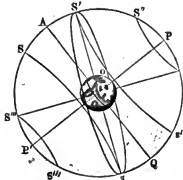



Fig. 30.

Il piano della medesima taglia pertanto il piano dell'equatore $A\ Q$ ad un angolo di 23° 1/2, ed uguale angolo è formato altresì dall'asse della eclittica $S'''\ S''$, coll'asse celeste $P'\ P$. Come si vede i due circoli paralleli $S's'$ ed Ss chiudono due zone celesti a' due lati dell'equatore oltre le quali il sole non trascorre mai. Codesti due circoli paralleli sono chiamati *tropici* (da un vocabolo che significa *rivolgimento*), perchè il sole quand'è giunto in uno di essi si ripiega tosto per riavvicinarsi all'equatore. I circoli paralleli descritti intorno ai poli celest i ($P'\ P$), cioè $S'''\ s'''$, ed $S''s''$ si dicono per la loro posizione *circoli polari.*

35. Fenomeni della notte. — Anche le stelle nel loro moto circolare raggiungono il loro *punto culminante* ora in basso ora in alto (S, A, S', S'', fig. 29) relativamente a chi sta in una parte opposta del cielo. Soltanto per alcune tra di loro, qual è, p. e. S'', le quali sono più prossime al polo P, possiamo scorgere entrambi codesti due punti culminanti. Queste non tramontano mai intieramente per noi, cosicchè ci è dato vederle anche di giorno nelle ecclissi totali del sole quasi immobili verso il polo nord. Le più lontane S', A, S ripiegano le loro orbite in parte sotto l'orizzonte, e perciò ascendono e discendono. Alcune fra le più lontane dal polo

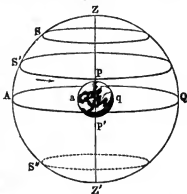
si levano appena sopra l'orizzonte per iscomparire ben tosto, intantochè quelle che stanno più prossime al polo sud P' qual sarebbe S''', descrivono i loro circoli intorno a questo senza mai rendersi visibili all'occhio dell'osservatore collocato nell'altro emisfero.

Tuttavia, se noi, guardiamo in varie epoche dell'anno le stelle fisse non ci avvediamo mai ch'esse mutino, come fa il sole, il loro posto verso l'equatore o il polo, ma qualunque di esse che oggi ci si mostri sull'equatore in A, percorrerà tutte le notti successive dell'intero anno la sua orbita sull'equatore partendo dal medesimo punto. Lo stesso dicasi delle altre, p. e. S, S', S'', che vediamo tutto l'anno nel medesimo luogo nelli medesimi tempi.

86. — Molto diversi però appariranno i fenomeni del cielo sovra descritti, se l'osservatore sarà collocato all'equatore, o ad uno dei poli terrestri. Prendiamo, p.e., la posizione p al polo nord (fig. 31). La stella polare starà naturalmente al zenit Z ed il piano dell'orizzonte si confonderà col piano dell'equatore AQ. Quando il sole si troverà sopra l'orizzonte, descriverà un circolo intorno a questo, senza declinare più abbasso; così pure le stelle S ed S' che sono una sotto l'altra, e parallele all'orizzonte, non si vedranno alzarsi od abbassarsi.

Fig. 31.

Come si mostrerà più tardi, il sole per metà dell'anno sta sopra l'orizzonte rispetto a coloro che dimorano in vicinanza al polo nord, cosicchè durante questo tempo egli non s'abbassa mai, e il giorno dura per quelli sei mesi, come sei mesi dura la notte allorchè il sole si trova sotto l'orizzonte, visibile per sei mesi a coloro che abitano il polo sud.

87. Se un osservatore si trovasse sull'equatore terrestre, p. e., in a (fig. 32) pp' rappresenterebbe l'asse della terra, ed il suo prolungamento si stenderebbe sull'orizzonte PP' dell'osservatore. Mentre la stella polare P' si troverebbe immobile sullo stesso orizzonte, le altre stelle S, S', Z, S'', S''', descriverebbero circoli verticali all'orizzonte PP', e quindi altrettanti semicerchi

sopra il capo del riguardante. Il sole medesimo ascenderebbe e discenderebbe verticalmente sovra di lui. Tutti gli archi di cerchio superiori all'orizzonte sarebbero naturalmente uguali agli inferiori, perchè all'equatore tanto il sole quanto le stelle sono visibili per un tempo egualmente lungo di quello durante il quale restano poscia invisibili, e per tal ragione i giorni e le notti avrebbero tutti la stessa durata di 12 ore.

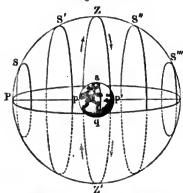
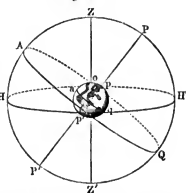



Fig. 32. Fig. 33.

38. Altezza polare. — La distanza del polo nord P, fig. 33, dall'orizzonte HH' d'un osservatore, è detta la *altezza polare* di quest'ultimo.

Quindi, a cagion d'esempio, l'altezza polare in cui la stella polare P apparisce all'osservatore o, è espressa tanto dall'arco PH', quanto dall'angolo formato dall'asse celeste PP' coll'orizzonte.

Per *altezza equatoriale* poi s'intende la distanza d'una stella nel punto culminante dell'equatore, quale sarebbe in A, dall'orizzonte dell'osservatore, che viene espressa tanto dall'arco AH, quanto dall'angolo che forma l'asse dell'equatore celeste AQ coll'orizzonte HH'.

Gli archi dell'altezza polare ed equatoriale dell'identico luogo, sommati insieme formano sempre un arco di 90°, vale a dire un quarto di circolo. Se, p. e., a Dresda si vede la stella polare sotto un angolo di 51° 2' 50", rispetto all'orizzonte, si dice che l'altezza polare di Dresda è quella del grado ora citato. Sottraendo quel numero da 90°, si ha 38°, 57', 10" che rappresenta l'altezza equatoriale del luogo medesimo. E siccome la posizione di codesto luogo sulla superficie della terra non muta, così parimenti

l'altezza polare sarà sempre la stessa, e si vedrà sempre la stella polare all'elevazione medesima sopra dell'orizzonte.

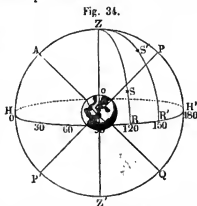
Per converso un osservatore può cambiare a beneplacito il suo posto sulla superficie della terra. Se, p. e., egli procede nella direzione da *o* verso *p*, la stella polare si eleverà sempre più sopra il suo orizzonte, o in altri termini, l'altezza polare dell'osservatore medesimo cresce sempre di tanto, di quanto diminuisce la sua altezza equatoriale. S'egli finalmente giunge al punto *p*, cioè al polo nord, la sua altezza polare sarà di 90°, la stella si troverà al suo zenit, intantochè l'equatore andrà accostandosi al suo orizzonte, e si abbasserà tanto da render nulla l'altezza equatoriale (fig. 31).

Se invece il viaggio venisse fatto nella direzione da *o* verso l'equatore *a* ne avverrebbe di conseguenza che la stella polare si abbasserebbe sempre più verso l'orizzonte, la di lei altezza diminuirebbe proporzionatamente di quanto si alza quella dell'equatore. Giunto il viaggiatore al punto *a*, la polare altezza anzidetta diverrebbe zero, perchè la stella si troverebbe sull'orizzonte, e l'equatore celeste al suo zenit (fig. 32).

Si comprende da ciò chiaramente come l'altezza polare ed equatoriale d'un luogo, giusta quanto si è detto al § 27, vogliano dire lo stesso che la sua latitudine ossia la sua distanza dall'equatore terrestre.

Codesta circostanza che l'altezza polare aumenta o diminuisce per una stella, secondo che altri viaggia verso l'equatore o verso il polo nord, è una prova irrefragabile della sfericità della terra.

Fig. 34.

39. — Col nome di *altezza d'una stella* s'intende la sua distanza dall'orizzonte d'un osservatore. Per esprimerla si fa uso dei così detti *circoli verticali* ZR, ZR', fig. 34, i quali s'immaginano tirati dallo zenit in modo che passino per le medesime stelle, S ed S', ad angolo retto sull'orizzonte HH'. Gli archi SR, $S'R'$ sono quindi le altezze delle stelle SS' per l'osservatore *o*. La *distanza zenitale* di quelle stelle è determinata dagli archi

SZ ed $S'Z$, i quali con quelle delle loro corrispondenti altezze formano un quarto di circolo di 90°.

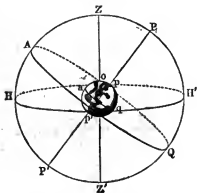
Per fissare tuttavia la posizione precisa di una stella riguardo all'orizzonte, si divide questo dal punto sud H fino al punto nord H' in 180 gradi, e la distanza del circolo d'altezza d'una stella dal punto sud, espressa in gradi, si denomina *l'azimut* della medesima. È perciò l'azimut della stella S dell'arco $RH = 120°$, quello di S' dell'arco $R'H = 150°$. Tutte le stelle che stanno sopra lo stesso circolo verticale hanno naturalmente un solo azimut, ed a seconda del lato del cielo in cui trovasi una stella, l'azimut di essa è denominato orientale od occidentale.

La medesima e identica stella può naturalmente essere veduta contemporaneamente da diversi punti della terra ad altezze differenti. Se un viaggiatore, p. e., un navigante, conosce l'altezza d'una stella per un dato luogo e per un determinato tempo, egli potrà dalla altezza della medesima stella osservata in qualsiasi altro luogo trovare la posizione di quest'ultimo luogo; e per tal modo la estimazione delle altezze diventa una delle più importanti osservazioni dei viaggi marittimi, da doversi quindi apprendere con un esercizio diligente da chi intenda farsi pratico in questa materia.

40. Meridiano. — Se noi immaginiamo tirato pel zenit Z, pel nadir Z' dell'osservatore o, poi per li poli celesti P e P' un circolo $ZH'Z'HZ$, questo rappresenterà il meridiano dell'osservatore o. Codesto nome fu derivato dalla circostanza che (V. § 33) per l'osservatore il momento del meriggio appunto coincide con quello in cui il sole si trova sulla circonferenza di un tal circolo. In quel momento il sole raggiunge il suo punto culminante, e lo stesso accade pure quando una stella passa sul meridiano, il che d'altronde ha luogo per molte altre, perciò che sull'arco $HAZP$ noi possiamo vedere contemporaneamente molti di questi corpi celesti.

Nella fig. 35 il meridiano è il solo tra i circoli astronomici, il quale qui sia stato rappresentato sul piano della carta, mentre l'orizzonte, l'equatore, i circoli verticali ne furono esclusi per semplificazione maggiore del disegno. Il piano del meridiano taglia l'orizzonte dell'osservatore ad angolo retto nella linea HH' da noi designata già dal § 32 come *linea meridiana*. A quel modo che l'altezza polare e l'orizzonte variano nei differenti punti della superficie terrestre, così ogni luogo ha esso pure il suo diverso meridiano.

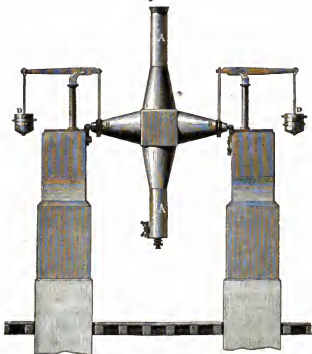
Se l'osservatore collocato in o in una notte stellata volge le spalle alla stella polare P e guarda attentamente verso il punto sud H, egli può dire d'essersi posto nella direzione del proprio meridiano. Se in questa posizione guarderà una stella al suo passaggio sul meridiano, in forza della rotazione terrestre dopo alcun tempo egli non la vedrà più sovra di quello, ma la vedrà passata verso la parte di occidente, intantochè altre ascendono sul meridiano stesso. Se egli fissa il momento in cui quella data stella passa sul meridiano, la troverà dopo 24 ore in quel medesimo luogo.

Fig. 35.

Nei globi celesti artificiali il meridiano suol essere collocato colla sua graduazione, in guisa che il globo stesso possa dentro a quella compiere i suoi rivolgimenti.

È ben difficile all'occhio nudo seguire una direzione così precisa, che valga a tracciare esattamente nel cielo la posizione del meridiano. Ond'è che per le ricerche meglio accurate si adopera un telescopio (fig. 36) che volgendosi sul proprio piccolo asse trasversale BB appunta il suo asse longitudinale AA con tutta precisione sul meridiano. Mediante questo cannocchiale le stelle non si vedono che nel momento che passano pel meridiano stesso e perciò è detto *istrumento dei passaggi* o *telescopio meridiano.* E siccome se ne fa uso per le più importanti investigazioni astronomiche, così è necessario che venga adoperata la massima cautela nel metterlo in opera. Il suo asse di rotazione trova appoggio entro un piccolo sostegno cavo di ferro nel quale imbocca, e che è sopportato da uno più massiccio in muratura. Quest'ultimo posa sovra piedestalli di pietra, e il tutto dev'esser costrutto indipendentemente da ogni connessione col resto dell'edificio, acciò gli scuotimenti accidentali non abbiano influenza sullo stromento. Per agevolare poi la rotazione gli sono aggiunti dei contrappesi atti DD a formare equilibrio al peso piuttosto considerevole del cannocchiale.

41. — Tutte le linee ed i punti finora nominati possono fornir

soltanto la cognizione del posto d'un astro, in relazione ad un determinato luogo della superficie terrestre; ma volendo fissare il

Fig. 36.

sito d'una stella rispetto alla sfera celeste, bisogna prendere in mira altre linee che abbiano nella medesima una posizione immutabile. Una di queste linee è *l'Equatore*. Primieramente bisogna sapere se la stella che forma oggetto delle nostre ricerche si trova sull'emisfero boreale od australe. Si tirano a traverso l'equatore cominciando dal *punto di primavera* O 180 circoli, che lo dividono in 360 gradi. La distanza di uno di questi circoli, dal punto O si chiama la *ascensione retta* della stella che sta dentro al circolo. Così, p. e., gli archi OD di 30° ed OD' di 60° misurano la ascensione retta della stella S ed S'.

La distanza d'una stella dell'equatore dicesi la sua *deviazione*, o meglio *declinazione* ed è o settentrionale o meridionale. L'arco DS, e l'altro $D'S'$ esprimono la declinazione delle stelle SS'. Tutti

i circoli che attraversano l'equatore, quali sono PDP' e $P'D'P$, si chiamano perciò *circoli di declinazione*.

Si vede adunque che dallo apprezzamento della ascensione retta e della declinazione viene stabilita sulla sfera celeste la posizione d'una stella nel modo stesso che da quello della longitudine e della latitudine si determina il sito d'un paese sulla superficie terrestre.

Fig. 37.

42. Globo celeste. — Dopo di avere nella precedente esposizione fatto cenno di una certa serie di punti e linee, non sarà fuor di proposito compierne, per quanto è possibile, la nomenclatura e la descrizione. Torna malagevole, e in alcuni casi anche impossibile, senza aiuti speciali rappresentarsi al pensiero codesti punti e codeste linee nel cielo, ove non si faccia uso per siffatto studio d'un globo celeste artificiale. E non è guari difficile il procacciarsene di grandezze diverse, cioè di 2, 4, 6, 8 pollici in diametro, anche a prezzo conveniente. Tuttavia è da avvertire che in generale, quantunque i più voluminosi meritino la preferenza, anche i minori posson tornar molto utili per darne una sufficiente idea nelle investigazioni astronomiche.

Il miglior apparecchio sarebbe quello d'una piccola sfera, rappresentante la terra, circondata d'una sfera molto maggiore che simulasse il cielo, sulla quale fossero delineate le stelle, e le principali linee relative: ma siccome ciò sarebbe ineseguibile, bisogna immaginare che l'occhio dell'osservatore si trovi nel centro.

43. Punti e linee sul globo (fig. 38).

Z Zenit dell'osservatore (§ 27)
P Polo nord (§ 31)
P' Polo sud (§ 31)
S Sud (§ 32)
N Nord (§ 32)
O Est (ovest di facciata)
ee Tropico settentrionale (§ 34)

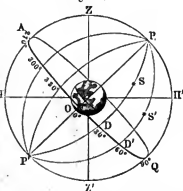
kk Tropico meridionale
e'e' Circolo polare artico
k'k' Circolo polare antartico
M Meridiano (§ 40)
T Circolo orario (§ 44)
PH' Altezza polare dell'osservatore (§ 38)

PP' Asse celeste (§ 31)	*sR* Altezza della stella (§ 39)
HH' Orizzonte (§ 29)	*sZ* Distanza zenitale della stessa (§ 39)
AQ Equatore (§ 31)	*RH* Suo azimut (§ 39)
ek Eclittica (§ 34)	*SD* Sua declinaz. nordica (§ 44)
s Stella	*DA* Sua ascensione retta
AH Altezza equatoriale di essa (§ 38)	*SP* Sua distanza dal polo.

Fig. 38.

Il globo celeste è fissato con due pernii a' suoi poli *PP'* sopra un anello graduato di ottone *M* che rappresenta il meridiano, e che rimane distante dalla sfera qualche millimetro, acciò essa muoversi possa nella sua rotazione liberamente.

Il meridiano è tenuto fermo entro intaccature corrispondenti praticate sull'armatura orizzontale e sul piede dello stromento, in modo da poter dare al globo la posizione che meglio piace relativamente all'orizzonte. Il circolo orizzontale *HH'* raffigura l'orizzonte dell'osservatore. Il meridiano dal punto *A* che segna l'equatore *AQ*, è diviso tanto verso al nord, come al sud in 90 gradi. Portando sotto al meridiano una determinata stella si ha

modo di calcolare la sua declinazione. Il circolo meridiano serve anche per assestare il globo a seconda dell'altezza polare dell'osservatore.

L'orizzonte, a cominciar dal punto sud *S* è diviso in 360 gradi e sopra di esso trovasi notato l'azimut delle stelle.

Nel punto *Z* del meridiano che risponde allo Zenit dell'osservatore è unito a vite un quadrante d'ottone *SR* che parte dall'orizzonte, ed alzandosi diviso in 90 gradi, offre il modo di callarco la distanza zenitale, e l'altezza della stella.

Prima d'ogni cosa conviene dare al globo una posizione corrispondente al luogo dell'osservatore, tale cioè che la linea meridiana del globo *HH'* coincida con quella meridiana dell'osservatore medesimo, e l'altezza polare *PH'* parimenti coll'altezza di esso. Ciò riesce molto facile e semplice, perchè se, p. es., trattasi d'un abitante equatoriale la cui altezza polare sia zero (§ 37), il globo si colloca in modo che i due poli *PP'* giaciano sul piano dell'equatore stesso, e quando si trattasse dell'abitator d'un luogo, per supposto, centrale d'Europa, il globo stesso si collocherebbe in guisa che l'arco *PH'* fosse di 50 gradi.

La ricerca della linea meridiana si effettua col soccorso della bussola *c* la quale a questo scopo suole sempre aggiungersi nei globi voluminosi. Si gira l'apparecchio col globo medesimo finchè il piano del circolo meridiano *M*, ovvero la linea che si immagina tirata da *H* ad *H'* riesca parallela all'ago magnetico rivolto verso il Nord. Però sappiamo dal § 191 della fisica che la direzione dell'ago magnetico non corrisponde perfettamente alla linea del nord, ma ne devia alquanto; siamo perciò costretti a girare lo stromento sotto un angolo di circa 18 gradi est, che rappresenta la vera deviazione dal centro d'Europa, p. e. dalla Germania, acciò *HH'* si trova precisamente in direzione del polo.

Fig. 39.

44. Una ulteriore appendice del globo è il *Circolo orario T* (fig. 39) diviso in 24 parti od ore, corrispondenti a quelle del giorno e della notte. Questo stromento è collocato immobile sul meridiano *MM*, ma dal suo centro parte un prolungamento dell'asse del globo in cui è fissato un indice che descrive un giro sull'anello quando il globo stesso è posto in rotazione. A rotazione compiuta, quando cioè

trascorrono 360 gradi dell'equatore sotto il meridiano, l'indice percorre il giro di 24 ore; e perciò il globo fa per ogui ora una rotazione di 15 gradi, la quale viene espressa e segnata dall'indice. Questo non è però costrutto d'un solo pezzo coll'asse, ma può girare a sfregamento o con una molla intorno a lui, esser così posto su qualunque numero del quadrante, senza aver duopo di far rotar tutto il globo. L'importanza dell'anello orario per l'uso del globo emergerà dalla sua stessa applicazione.

Quando si è ottenuto il giusto collocamento del globo, in rapporto coll'altezza polare e collo spazio mondiale, bisogna anche metterlo in posizione che corrisponda coll'epoca della osservazione e colla comparsa della stella sul firmamento. Si parte perciò dalle seguenti considerazioni: ogni mezzodì, a 12 ore, il Sole sta sul meridiano dell'osservatore (§ 40); quindi si porta da prima sotto il meridiano d'ottone quel punto del globo, sul quale il Sole a 12 ore segna il mezzodì. Questo punto naturalmente sta sulla eclittica, e per conseguenza nel principio di primavera, al 21 marzo, nel sito dove l'ecclitica taglia l'equatore e dove su quest'ultimo comincia la divisione in 360 gradi. Per ogni giorno successivo il sole se ne scosta di quasi un intiero grado, ond'è che dopo 204 giorni, cioè a mezzo ottobre, l'*ascensione* retta del sole (§ 41) segna 204 gradi, che è la sua distanza dal punto di primavera. Portando questo grado dell'equatore sotto il meridiano, si avrà nel punto in cui questi taglia l'eclittica, il luogo del sole a mezzodì. L'indice del circolo orario si metterà allora al numero 12, e si girerà il globo finchè corrisponda all'altro numero 12 (al che arriva con un mezzo giro). Per tal modo tutte le costellazioni delineate sul globo prendono la posizione, che a mezzanotte devono avere rispetto al luogo ove sta l'osservatore. Così viensi a riconoscere, p. e., che a quell'ora la costellazione di *Cassiopea* è sul meridiano. Di mano in mano che il globo si gira a destra ed a sinistra si può fermare l'indice all'ora desiderata anteriore o posteriore a mezzanotte, nel qual caso veggonsi sul globo rappresentate le stelle che allora sono visibili.

Mediante questo stromento si possono in tal modo rapidamente risolvere molti problemi, che non sarebbero altrimenti facili a sciogliere col pensiero, nè con verun'altra dimostrazione si potrebbero meglio spiegare.

Sul principio si provò molta difficoltà a trasportare l'immagine del cielo sul globo ed a fare le osservazioni, per dir così, a rovescio della realtà. Bisogna immaginarsi sempre d'essere posti al centro

e di guardare a traverso la vòlta del globo gli astri che splendono sovra di essa, tirando cioè delle linee rette immaginarie dal centro medesimo fino a loro.

Le osservazioni devono essere cominciate in sul crepuscolo vespertino ovvero nella notte a chiaro di luna, perchè allora sono visibili soltanto le grandi e più spiccate stelle, nè si rimane abbagliati o distratti dalla soverchia loro quantità. Conosciute bene le principali, non è difficile trovare le altre.

C) — Divisione dei corpi celesti.

45. — Dal punto fisso della nostra terra appaiono tanto il *sole*, splendido luminare del giorno, quanto la *luna* colle sue variazioni di forma, astri unici perciò della loro specie, e degni di speciale considerazione.

Paragonati colle altre stelle questi due ci si presentano per la loro apparente mole come i più grandi e possenti dominatori del cielo, ma quantunque noi abbiam costume di esprimere quest'idea al modo degli antichi, è duopo però dire che essa è stata dalle scoperte astronomiche profondamente modificata.

Se non che nella stessa moltitudine infinita degli astri minori notansi dopo attenta investigazione molte altre differenze. Ci accorgiamo che pel maggior numero le stelle si mostrano sempre nel medesimo luogo del cielo, quando le riguardiamo nello stesso periodo di tempo, e quindi che il nome dato loro di stelle *fisse* è perfettamente giustificato.

Alcune poche al contrario mutano la loro posizione nel cielo in modo così sorprendente, che ad epoche determinate le vediamo ora in un sito ora in un altro con regolarità ben notevole, cosicchè loro a buon dritto si conviene il nome di *stelle vaganti* o *pianeti*.

Ancor più grande maraviglia devono poi destare in noi le *comete*, tra perchè le scorgiamo distinte da una appendice più o men lunga di luce, la quale a modo di chioma le precede, o di coda le seguita, e per il loro rapido cambiar di sito assai più che non avvenga pei pianeti, giacchè esse improvvisamente appaiono, e del pari improvvisamente scompariscono, o dopo molta serie d'anni ritornano.

Comincieremo a trattar delle stelle fisse, come quelle che molto

più importano nello studio uranografico. Di poi parleremo delle attinenze della Terra col Sole e colla Luna, come più specialmente essenziali alle condizioni dei nostri climi e delle epoche dell'anno e passeremo da ultimo a considerare i pianeti e le comete in ciò che possono aver di più facilmente apprezzabile rispetto all'ordinamento mondiale.

46. Stelle fisse. — Una continuata serie di pazienti osservazioni col soccorso del globo e delle carte celesti ci mette in grado di orizzontarci con prontezza negli spazi del cielo, e di distinguer la moltitudine confusa delle stelle in gruppi separati, che coll'andar degli anni possiamo giungere a conoscer tanto esattamente da avvertire a primo tratto qualsiasi mutamento che per avventura in essi trovasse luogo.

Appena il sole è scomparso sotto l'orizzonte, mentre dura ancora il crepuscolo vespertino, ecco spiccar siccome altrettanti punti lucenti le stelle, il cui numero va crescendo al crescere della oscurità, e che ad un occhio armato di cannocchiale aumenta fino una quantità incalcolabile ed incredibile. Spazii che al guardo nudo non altro appaiono che nebulosi ammassi di luce, osservati col cannocchiale si convertono in agglomeramenti di stelle innumerevoli, di guisa che, p. e., quella fascia d'un chiarore crepuscolare, la quale è da noi conosciuta col nome di *Via Lattea*, ci si rivela come un aggregato di milioni e milioni di stelle.

L'apparente grandezza di questi corpi è diversa. Mentre alcuni brillano d'una luce vivace, altri si presentano come punti appena chiari. L'occhio ha quindi potuto far la distinzione delle stelle in sei classi di diversa grandezza; esso ne numerò 18 soltanto di prima grandezza, 60 di seconda, 200 di terza, 380 di quarta, e delle due classi ultime ne ha contato 5000 circa. Col telescopio poi si contarono finora ben 70,000 stelle, sebben dopo calcoli diversi e per ragioni che qui non possiamo discutere, il probabile loro numero venga stimato dagli uni a 273 milioni, da altri a 500,000!

Le stelle fisse anche col più possente telescopio non appaion che sotto l'aspetto di piccoli punti lucenti, e ciò è argomento sicuro della loro enorme distanza da noi. La qual verità non è meno provata dal fatto, che due stelle fisse poste accanto l'una all'altra, sempre a noi si offrono immutabilmente all'identica distanza nella reciproca loro posizione da qualunque parte si guardino dell'orbita terrestre. Sebbene i punti estremi di quest'orbita misurino 42 milioni di miglia tedesche, ossiano 3,110,940,000 di chilometri (rammentiamo che 7407 metri fanno un miglio tedesco)

finora non riuscì possibile che per un piccolissimo numero di stelle con sicurezza stabilire la parallasse annua, cioè l'angolo visuale in cui un occhio situato sulla stella fissa la ravviserebbe a 21 milioni di miglia che è il semi grand'asse dell'orbita terrestre. La misura più incontestata di una parallasse di tal genere si è quella calcolata dal celebre astronomo Bessel di Königsberga nella stella N° 61 della costellazione del Cigno, che fu da lui trovata =0° 3136. Codesta misura porge la distanza media della stella fissa 61 del Cigno dal Sole che presso a poco = 13,592,000 milioni di miglia tedesche. Il tempo che la luce, colla sua velocità di 42,000 miglia al secondo impiega a percorrere una tanta distanza, è 10 anni e 3|4. Una carrozza a vapore che facesse 200 miglia in un giorno non impiegherebbe meno di 200 milioni di anni per giungere a quella stella!

Una parallasse che sia maggiore di un secondo non si è potuta ancora misurare fino al dì d'oggi con esattezza. Ma fin d'ora è cosa ammessa con buon fondamento che anche le stelle fisse più prossime a noi non possono esser distanti dalla terra meno di 4 bilioni di miglia cioè 200,000 volte più che non lo sia il sole, il quale se ne dilunga per ben 20 milioni di miglia.

Una distanza siffatta si chiama *distanza della stella*, e per venir in qualche modo in soccorso della nostra immaginativa, che sovente si sforza invano di raffigurarsi un sì sterminato intervallo, si move dal fatto che la luce la quale ha una velocità di 42,000 miglia in un secondo, ha bisogno tuttavia almeno di 3 anni per arrivare dalla più prossima stella fino alla terra.

Nè con ciò tuttavolta si intese fissare un vero limite, sì bene si è stabilito con certezza che le stelle fisse possono essere vedute ad una distanza tanto maggiore da uguagliar perfino un milione e mezzo di volte la distanza dal sole, cosicchè la loro luce richiede migliaia d'anni per arrivar sulla terra.

Naturalmente corpi siffatti, che ad una sì inconcepibile distanza sono ancora visibili devono essere d'una grandezza, che supera ogni forza d'immaginazione, e tale da darci ragionevol fondamento a ritenere, che nessuno di loro possa esser minore del sole in volume, ma moltissimi anzi lo sorpassino di gran lunga.

47. *Del cielo stellato visibile in Europa.* — In mezzo alla moltitudine d'astri grandi e piccoli, ond'è seminata la volta celeste lo sguardo spontaneamente s'arresta sovra alcuni gruppi di stelle brillanti, collegate in apparenza da una certa prossimità di sito, oppure notevoli fra l'altre per la vivezza del loro splendore, o per

un tal quale isolamento nella regione da loro occupata. Già fino da remote etadi la fervida fantasia de' popoli primitivi aveva dato ad alcuni di codesti gruppi denominazioni quando conformi ai loro contorni, quando ai simboli ed oggetti, dei quali compiacevasi trovar riscontro nel cielo. Così di buon'ora vennero segnalate le sette stelle del gran *Carro*, o dell'*Orsa maggiore*, quelle della *Cintura* di *Orione*, di *Cassiopea*, del *Cigno*, dello *Scorpione*. Quanto all'*Orsa minore*, essa è una costellazione di più recente scoperta, la quale non deve in origine il suo nome che ad una assai singolare ripetizione della forma dell'Orsa maggiore. In tutti i paesi, dove estese praterie o deserti di sabbia offerivano uno spazioso orizzonte, le apparizioni del levar e del tramontar degli astri, variando secondo le stagioni, divennero oggetto fin dai più remoti tempi di speciali indagini e si prestarono alle associazioni di simboliche idee, ond'è che l'astronomia contemplativa e congchietturale si cominciò a sviluppare assai prima di quella che è fondata sui calcoli e sulle misure.

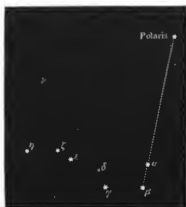



Fig. 40.

48. — Non dapertutto nè sempre si offrono gli stessi astri e nell'identica posizione all'occhio nostro nel cielo, occorrendo differenze essenziali a questo riguardo, secondo il punto della superficie terrestre donde si fa l'osservazione, e l'epoca dell'anno in cui viene effettuata. Un che dimori al polo nord ha al suo zenit la stella polare, la quale si trova quasi al centro della nostra carta uranografica (Tav. I), e guarda di là tutto l'emisfero settentrionale, e conseguentemente tutte le stelle, le quali si trovano limitate dalla linea dell'equatore che circoscrive il suo orizzonte mentre per lui restano invisibili tutte quelle dell'emisfero meridionale. Un abitante dell'equatore invece vede una metà di questi due emisferi nord e sud, e scorge la predetta stella polare sull'orizzonte.

La maggior parte degli Europei abita fra il 40° e 70° grado di

latitudine nord, e quindi riescon loro visibili tutte le costellazioni del settentrione, ed un numero maggiore o minore delle meridionali secondochè essi sono più o meno vicini all'equatore.

Fra le altre cose vuolsi notare che non si vede mai ad un tempo se non la metà del cielo stellato, ossia quella parte di esso che nella tavola I è rappresentata, limitata dall'equatore. Che se in questa tavola apparisce una porzione maggiore dello spazio celeste, ciò si fece perchè vi trovasser luogo quegli astri che si presentano a poco a poco successivamente al nostro sguardo. Si vedrà e comprenderà del pari come in conseguenza della rotazione della terra mentre alcune stelle scendono sempre verso il ponente, se ne vedano spuntare di nuove in lor vece a levante. D'altronde si potrà aver una chiara idea dai §§ 56-58; e dalla fig. 46 del fatto, che stante la diversa posizione della terra relativamente al Sole, durante il suo corso, non può essere necessariamente uguale l'aspetto del Cielo nelle stesse ore delle diverse stagioni.

Nostro scopo attuale è quello di considerare quella parte del cielo segnata sulla nostra carta planetaria, visibile ai nostri occhi, quale in una data sera verso le 10 ore ci si presenta davanti. A quest'uopo abbiam qui collocato la tavola N. II la quale rappresenta ciò che noi chiameremo *ritaglio dell'orizzonte*, non senza avvertire che qualunque sia il modo tenuto per costruire siffatte carte, esse non possono mai porgere sulla forma dei gruppi d'astri, idee così esatte come si hanno dal globo celeste, imperciocchè nessuna porzione d'una sfera è suscettiva di essere sviluppata in una superficie piana senza che accada alterazione de' suoi varii punti, vale a dire che alcune dimensioni s'ingrandiscano o si rimpiccioliscano. Per farne il più acconcio uso, questa carta deve esser incollata sopra un cartone tagliandone via le parti bianche. Si otterrà con ciò una sezione ellittica di 180° di diametro da riportarsi sopra la carta uranografica, col qual mezzo saranno soltanto visibili quelle costellazioni che si presentano contemporanee sull'orizzonte dell'osservatore.

Ora si domanda ove si dovrà collocar la parte ritagliata dell'orizzonte, acciò possa lasciar scoperta la parte di cielo che ad una data sera dell'anno ed alla stabilita ora sarà visibile. A ciò fare è mestieri innanzi tutto conoscere l'altezza polare del luogo dell'osservatore, il quale secondo il § (207 p.) e l'annessa figura abbiamo posto pel centro della Germania al 50°. Se al polo nord apparisce all'occhio come centro dell'orizzonte la stella polare, a 50° di latitudine questa stella dev'essere allo zenit dell'osservatore

e distante 50 gradi dall'equatore. Quindi il centro del nostro ritaglio orizzontale non cade nel centro della carta uranografia, ma sì bene al 50° di declinazione. E perciò convien dare al ritaglio stesso una posizione tale che la freccia segnata sul suo lembo sia corrispondente al mese e giorno dell'altra che è segnata sull'orlo della carta anzidetta, e con ciò si avranno sott'occhio tutte le stelle visibili in quell'epoca alle 10 ore di sera.

In questa guisa si trova che p. e. alla metà di aprile a quell'ora stessa si avrà la ben conosciuta costellazione dell'*Orsa maggiore* al zenit.

Rammentiamoci che in corrispondenza alla rotazione della terra tutte le stelle pajon percorrere ad ogni ora lo spazio di 15 gradi ovest. Con questa avvertenza la nostra carta potrà servici anche per le indagini in ore anteriori e successive, dandole prima la posizione propria alle ore 10 di sera, e poi facendola scorrere verso il numero dei gradi corrispondente all'ora in cui si vuol fare l'osservazione. Egli è perciò che sul suo margine sono notati, cominciando da ottobre, 360 gradi.

Un'altra circostanza degna d'essere notata nell'uso della nostra carta è la longitudine del luogo dell'osservazione (§ 206), in quanto che tutte le stelle montano un'ora prima, qualora noi ci portiamo 15 gradi da ovest ad est. Per un abitante di Aachen, p. es., la stessa stella identica s'alzerà un'ora prima di quello che apparisca ad uno di Königsberg che trovasi a 15 gradi più all'est. Parimenti ad un abitante di Torino apparirà oltre venti minuti prima che a Venezia per esser quest'ultima città più di 5 gradl più orientale. Stando a ciò che prima si è detto, puossi facendo scorrere il ritaglio dell'orizzonte, avere una correzione corrispondente alla posizione del luogo, correzione che sarebbe appena necessaria per la Germania pel cui uso è stata ideata.

Una importante applicazione ha fatto Eckhard della sua carta (Darmstadt presso Leske), che la rende utile quanto può esserlo un intero globo celeste. Il ritagtio dell'orizzonte sta fisso, e la carta invece è girabile sul suo centro.

49. — Passiamo ora alla considerazione dellecostellazioni propriamente dette, e cominciamo per maggior comodità da quelle che si trovano in vicinanza della stella polare, visibili tutte le sere e durante per tutta la notte, non tramontando giammai, per essere ad una distanza dal polo da 40-50 gradi.

Prima di tutte è l'*Orsa maggiore* (fig. 40) la quale ci si mostra

così appariscente, ed è tanto conosciuta anche da chi non null'altro sappia di astronomia. Essa consta di sette stelle, delle quali sei di seconda grandezza; quattro di queste formano un quadrilatero; le altre tre stanno in forma d'arco al sito nel quale venne dall'imaginazione de'primi popoli raffigurata la coda. Si immagini tirata una linea dalle due ultime stelle dell'orsa, e prolungata in su, questa incontrerà un'altra stella unica, e parimenti di seconda grandezza, che è la stella polare appartenente all'*Orsa minore*. Già si è parlato della importanza di questa stella in più luoghi, perchè essa dista soltanto 1 grado e 2/3 dal polo, intorno a cui sembra aggirarsi tutta la vôlta del cielo.

Una delle costellazioni più estese si è il *Drago* che volgesi intorno all'Orsa, ed è formata di molte stelle di 3ª e 4ª grandezza, circondanti quasi mezzo il circolo polare.

Di facciata all'Orsa maggiore, dall'altra parte del polo si vedono cinque stelle di 2ª e 3ª grandezza, formanti come un W, e costituenti la costellazione che ebbe il nome di *Trono*, o di *Cassiopea*, una metà della quale sta sulla Via Lattea. — Si unisca questa costellazione mediante una linea coll'Orsa maggiore, e si faccia caderne un'altra perpendicolare a metà, e ad angolo retto colla prima, e passerà a destra per la *Capra*, stella di prima grandezza, nella costellazione di *Arturo* o *Boote*, ed a sinistra all'altra di prima grandezza detta *Wega* della costellazione della *Lira*.

Più lontano è osservabile entro il tropico del Cancro la sunnominata costellazione di *Boote*, nella quale splendentissima è la stella denominata *Arturo* di prima grandezza, e che si trova sopra una linea retta che passi a traverso le due ultime stelle dell'Orsa maggiore. Vicino a Cassiopea scorgesi *Perseo*, in cui si mostra notabile una stella di 2ª grandezza entro una delle più luminose macchie della Via Lattea. Di qui si incontran facilmente le tre stelle di *Andromeda*, come pure *Pegaso*, riconoscibile per quattro stelle di seconda grandezza poste in forma di quadrilatero.

50. *Costellazioni dell'eclittica.* — Diamo ora uno sguardo a quella regione del cielo, che ha per confini i due tropici, ed è per noi di speciale interesse, perchè in essa sono contenute le costellezioni dell'eclittica, ossia i *segni zodiacali*.

Di tutti i circoli celesti (§ 43) da noi fin qui annoverati l'eclittica è il solo che sia stato da noi segnato con 12 costellazioni poste in serie tali quali si mostrano nel cielo. Delle importanti relazioni che queste hanno per noi, sarà tenuto discorso più a basso, limitandoci per ora a farle conoscere colla carta alla mano.

Come dimostra la Tavola I, l'equatore taglia l'eclittica in due punti per modo che una metà superiore resta nell'emisfero boreale, l'altra metà nell'australe: quindi le costellazioni vengono nello stesso modo scompartite coll'ordine seguente:

I. Settentrionali.		II. Meridionali.	
1. Ariete	♈	7. Libbra	♎
2. Toro	♉	8. Scorpione	♏
3. Gemelli	♊	9. Sagittario	♐
4. Cancro	♋	10. Capricorno	♑
5. Leone	♌	11. Acquario	♒
6. Vergine	♍	12. Pesci	♓

Uno sguardo alla carta ci insegnerà tuttavia che ciascuna di queste costellazioni non occupa un uguale spazio nel cielo, ma che tuttavia esse formano un circolo diviso in 12 parti, perchè se per cagion d'esempio, la costellazione della Libbra non ha che una lunghezza di soli 20 gradi, quella dei Pesci ne ha una di 43. Presi pertanto nel complesso i segni della eclittica, si possono ripartire esattamente in distanze di 30 gradi.

Cominciando colle costellazioni settentrionali, dal punto di primavera ov'esso taglia l'equatore, si trova quella non molto apparente dei *Pesci* e subito dopo l'*Ariete*, di cui le tre principali e visibili stelle costituiscono il capo, essendo la seconda più grande di tutte. Segue a questa il *Toro* sotto il *Perseo* e sotto *Boote*, facilmente riconoscibile per una specie di *V* formato da un gruppo di 4 stelle sul suo capo, il quale è il cosidetto gruppo delle *Iadi piovose*. La stella di prima grandezza alla estremità superiore del *V* è l'*Occhio del Toro*, detto dagli Arabi *Aldebaran*. Al dorso del Toro medesimo si vedono le *Plejadi*, gruppetto di piccole stelle vicine fra loro, che si dicono anche la costellazione settemplice o le *Gallinelle*.

Nei *Gemelli* l'eclittica raggiunge la sua massima altezza nordica, ed ivi emergono due stelle lucenti, *Castore e Polluce* di seconda grandezza nell'alto della costellazione, e quattro di terza grandezza più in basso formanti tutte insieme un parallelogrammo allungato.

Questa regione del cielo riceve uno splendore particolare dalla concorrenza di parecchie altre costellazioni, fra le quali fulgentissima è quella d'*Orione* collocata al di sotto del Toro e dei Gemelli.

Essa vedesi scintillar sovratutto nelle serene notti d'inverno e presenta la forma di un gran quadrilatero, le cui diagonali sono formate da due stelle di prima, e da due di seconda grandezza. All'angolo nord si vede la così detta *spalla destra*, all'angolo sud-ovest il *piede sinistro*, o *Rigel*. In mezzo al quadrilatero stanno tre stelle secondarie ravvicinate che ebbero i diversi nomi di *cintura*, *tre re*, *bastone di Giacobbe*; le quali tre stelle formano con altre appartenenti alla stessa costellazione, una specie di quadrilatero obbliquo, all'angolo inferiore di cui si vede la bella *nebulosa d'Orione*.

Prolungando verso sinistra la base del gran quadrilatero, o la linea della *Cintura* d'Orione si trova *Sirio* che è la più lucida e brillante stella del cielo situata sulla testa del *Gran Cane*, ond'è perciò anche detta *Stella della Canicola*. Questa stella si vede appunto nei giorni canicolari (da luglio ad agosto) levarsi e tramontare col Sole, che in quei dì porta a noi il calor massimo.

L'eclittica stendesi allora entro la poco visibile costellazione del *Cancro*, la quale contiene stelle non molto brillanti, a quella del *Lione* notabile per quattro stelle primarie costituenti un gran trapezio, delle quali *Regolo* di prima grandezza è la precipua. Quindi segue la *Vergine* notevole per 5 stelle formanti un triangolo equilatero, e per la bellissima di I^a^ grandezza, detta la *Spica*. Ivi l'eclittica di nuovo taglia l'equatore, ed allora scende verso le costellazioni meridionali, trovando da prima la *Libbra* che ha due stelle di seconda grandezza, e si presenta in forma di un quadrato obliquamente disposto.

Nello *Scorpione* spicca *Antares*, o il *Cuore dello Scorpione* che ha una luce rossastra, ed è di prima grandezza, a cui succede il *Sagittario*, visibile in basso nell'orizzonte meridionale, distinto per le sue 4 stelle poste a foggia di trapezio obbliquo. Raggiunto qui il suo punto più basso, l'eclittica di nuovo risale per entrare nel *Capricorno* sotto cui scorgesi la costellazione dell'*Aquila*, notevole per cagione della stella *Atair* che è di prima grandezza, dalla quale si entra in *Acquario* costituito di stelle tutte di terzo ordine.

Retrocedendo per la vòlta del cielo ci troviamo di nuovo a'*Pesci*, costellazione priva di grandi stelle, ma di posizione facilmente riperibile per trovarsi situata al disotto e in vicinanza di *Pegaso*. Fra Acquario e Pesci in basso vi è una grande stella di primo ordine verso il sud, denominata *Fomalhant*, che rappresenta l'acqua dell'*Acquario* e ne costituisce il termine verso l'orizzonte.

III.

Fenomeni speciali astronomici.

SOLE E TERRA.

51. — Immaginiamo per poco che alle due estremità d'una verga si trovino le due sfere *a* e *b*, fig. 41, delle quali *a* sia tre volte più grande in volume di *b*. Il punto di gravitazione di tutto l'apparecchio dovrà necessariamente essere più vicino alla massa maggiore, come c'insegna la fisica (§ 14), la quale ci mostra come dividendo la distanza reciproca delle due sfere in 4 parti uguali, il centro comune di gravità stia ad 1|4 della distanza, cioè in *c*. Quindi nella distanza 3 agisce la massa $b=1$ e in quella 1 la massa $a=3$; per la qual cosa l'apparecchio deve trovarsi in equilibrio qualora sia sostenuto nel punto *c*. Se faremo girar l'apparecchio intorno a questo punto *c*, vedremo le due palle compiere dei rivolgimenti quali vengono nella figura segnati dai circoli punteggiati, cioè la minore descriverne uno attorno alla più grande.

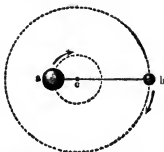



Fig. 41.

Slanciando ora col pensiero un simile apparecchio nello spazio, lo vedremo prendere un movimento rotatorio intorno al comune centro di gravità, nel quale la sfera minore girerà sempre intorno all'altra maggiore.

Se nell'esempio della fig. 41 la massa della sfera *a* sarà decupla, centupla dell'altra *b*, dovrà trovarsi dentro della sfera medesima il centro di gravità. Vedremo allora che questa girerà intorno ad un punto posto nel proprio interno, intanto che la più piccola farà i suoi giri intorno alla maggiore.

Il Sole e la Terra sono appunto due masse poste fra loro in condizione analoga alla ora descritta, salvo che le differenze reciproche sono di gran lunga più ragguardevoli.

La cognizione del diametro apparente del Sole unita a quella

della sua distanza, diede modo agli astronomi di determinar le sue dimensioni, e di accertare che il raggio della sfera che lo costituisce è uguale a 112 volte il raggio terrestre. Siccome i volumi di due sfere stanno tra loro come i cubi dei loro raggi, così il volume del Sole è uguale a 1,404,928 volte quello della Terra.

52. — La distanza media della Terra dal Sole fu calcolata 12,032 volte più grande che il diametro della Terra stessa, quindi uguale presso a poco a 15 milioni di miriametri.

Per farci qualche idea di questa grande differenza, cerchiamo di rappresentare nella fig. 42 un'immagine del Sole e della Terra in

Fig. 42.

proporzioni reali, e con queste poniamo la luna colla sua distanza dalla terra, come pure i due grandi pianeti Giove e Saturno. La distanza proporzionale della Terra dal Sole si rileverà col trasportare il piccolo punto bianco che rappresenta la Terra, sessanta piedi lontano dalla grande circonferenza del Sole.

Immagiuiamoci ora questi due corpi celesti legati insieme da una verga ovvero da una fune; il loro centro comune di gravità cadrà dentro il corpo del Sole anzi molto vicino al suo centro medesimo. Slanciati insieme per gli spazi del cielo, essi si comporteranno egualmente come le due sfere sopra indicate nell'altro esperimento, cioè acquisteranno un moto rotatorio tale, che il Sole girerà intorno a se stesso, e la Terra intorno al Sole.

E siffatto movimento è quello che ha luogo in effetto, colla sola diversità che il Sole e la Terra non sono legati insieme da una fune materiale, ma sì da una reciproca concorrenza di forze; quella che opera per mantenerli uniti è l'attrazione universale insita in tutti i corpi, come si accennò nella fisica, e che ebbe il nome di *gravità* o *gravitazione*. Che poi in conseguenza di questa forza il Sole e la Terra non si accostino fra loro, nè si urtino insieme è un fatto che deriva dall'azione simultanea di una seconda forza che opera ad angolo retto sulla direzione della attrazione e che dà luogo al moto combinato dalla Terra (*Fisica*, § 67).

53. — La sterminata grandezza della mole del Sole non rimane neppur essa senza moto. Vediamo infatti, col soccorso anche di deboli cannocchiali, alcuni punti oscuri, notevoli in mezzo allo splendore della sua superficie, che diconsi *macchie solari*, disposte presso a poco al modo delineato nella fig. 43; le quali, sebbene per molto tempo conservino la reciproca loro posizione, non mantengono però sul disco solare il medesimo posto. Si avvertì ch'esse camminano da uno dei lembi del Sole sempre nella direzione medesima fino al lembo opposto e quindi scompaiono, per ricomparire dopo un certo tempo press'a poco nell'istesso ordine; locchè dimostra che il Sole si aggira intorno al proprio asse. Il tempo impiegato a compiere la ricomparsa e la disparizione delle macchie è di 27 giorni e 3 ore, e questo periodo segna appunto quello della rotazione solare, mentre la rotazione terrestre si effettua in ventiquattr'ore soltanto.

Fig. 43.

È difficile problema quello di scoprir d'onde provenga la luce abbagliante e l'urente calore del Sole. L'ammettere che questo sia un corpo immenso in istato di combustione, nel senso chimicamente da noi dato a questa parola, dà luogo a molte obiezioni. In ogni corpo comburente o incandescente si produce colla irradia-

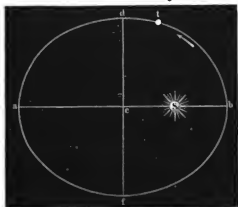
zione uno scemamento continuo di calore e di luce, il quale, malgrado la straordinaria grandezza della massa, dovrebbe nel decorso di tanti secoli essersi reso almeno sensibile.

Al contrario il Sole ci si presenta come una inalterabile sorgente di calore e di luce; nessun lontano indizio ci dà sospetto che siano accadute, o stian per accadere diminuzioni.

L'opinione della più gran parte degli osservatori concorda nell'ammettere che il Sole sia un corpo opaco cinto da un'atmosfera, la quale messa in moto dalla rapidissima velocità della sua rotazione dia origine a quei fenomeni che a noi si manifestano sotto la forma di luce e calore. Tuttavia in mezzo a quell'oceano di calore e di luce si presentano alcuni tratti che ne son privi, ma di ciò la cagione ci rimane ancora del tutto misteriosa, e sono quelli appunto che da noi sono stati detti macchie del Sole.

Le osservazioni fatte e riferite al § 138, sullo spettro solare, dimostrerebbero che il corpo di questo astro fosse dotato d'un nucleo veramente lucente, e circondato da un'atmosfera flammea; anzi con molta apparenza di verità si suppone che questa atmosfera incandescente contenga in sè molte sostanze che giungono fino alla Terra, fra le quali il *potassio* ed il *sodio*.

54. — Il cammino che la Terra percorre attorno al Sole è una *elisse* (fig. 44) di piccola eccentricità, e che si approssima molto

Fig. 44.

alla curva circolare. Il grande asse, detto *linea degli absidi* della medesima *ab*, è di 41 milioni di miglia (chil. 303,687,000). In uno

dei fochi si trova il Sole e la sua distanza dal centro *c* della elisse è la così detta *eccentricità* dell'orbita terrestre. Quindi la Terra nel suo giro raggiunge ora la più grande distanza di 21,030,655 miglia (chilom. 155,769,616), locchè succede il 21 giugno, e questo punto dicesi l'*afelio*, ossia la distanza massima del Sole; ora nel punto opposto del grande asse essa è alla minima distanza o al *perielio*, e questa è di 20,334,825 miglia (chilom. 150,620,048). Da queste due cifre si desume la distanza media di chil. 153,324,900 (miglia 20,700,000). Per poter percorrere una tale distanza, una palla da cannone colla velocità di 1000 piedi al secondo, impiegherebbe non meno di 12 anni.

Nella maggior parte dei casi si può far totalmente astrazione dalla forma ellittica dell'orbita e riguardarla come una curva circolare, il cui raggio è di 20 milioni di miglia, o di chilometri 148,140,000 circa. Il giro di quest'orbita che ascende a circa 127 mil. di miglia, ossia chilom. 940,689,000 si compie in 365 giorni e qualche ora, per modo che si ottengono in un secondo 4 miglia, o chilom. 29,628. Questa celerità di movimento di traslazione della Terra intorno al Sole è quindi molto maggiore di quella della sua rotazione giacchè un punto della medesima all'equatore in un secondo non percorre che alcune centinaia di metri. Se potessimo con quella prima velocità della Terra fare un viaggio intorno alla sua grande circonferenza, la quale non è se non di 5400 miglia (chil. 40,097) lo compiremmo in 22 1|2 minuti.

La detta velocità della Terra esprime però soltantò una media, perchè la forma ellittica dell'orbita ha grande influenza sul suo movimento, il quale s'accelera quanto più la Terra stessa s'accosta al Sole, e va ritardando poi fino al punto della massima distanza. Ne deriva perciò, come sarà detto più sotto, una piccola diversità fra la durata del semestre estivo e del semestre invernale, essendo il primo 7 3|4 giorni più lungo del secondo.

55. Posizione dell'asse terrestre sul piano dell'orbita. — Fingiamoci un piano che passi pel centro del Sole, egualmente esteso in tutti i sensi, e che la Terra si muova in questo piano, locchè si può rappresentare ogni qualvolta in mezzo d'un circolo di cartone si pratichi un foro, e vi si impernii una sfera immersa precisamente fino alla sua metà. Questa sfera darà immagine del Sole, il piano di cartone dell'orbita. La Terra potrà essere raffigurata da una sfera più piccola che abbia il suo posto in corrispondente intagliatura fatta sulla stessa orbita, nella quale essa resti pure incassata a metà del suo volume.

È difficile, anzi in parte impossibile, dilucidare abbastanza chiaramente con disegni e figure ciascuno dei fenomeni che siamo per esporre in seguito, perchè con questi mezzi abbiamo soltanto il sussidio di una rappresentazione di superficie, mentre molte spiegazioni non possono aversi senza concepire dei movimenti nello spazio che possiamo accennare unicamente col mezzo di abbreviature, poco intelligibili a chi non vi è abituato.

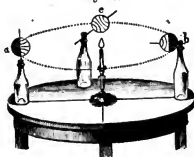
Nella sfera che rappresenta la Terra disegniamo le linee circolari che corrispondono al nostro bisogno, cioè l'equatore, il circolo polare, i tropici, il polo medesimo; ed allora vedremo come questa sfera possa prendere posizioni molto diverse sul piano dell'orbita. Ora infatti possiamo collocarla in modo che i due poli, e con essi l'asse terrestre posino sul piano, ora che questo stia verticale; ora finalmente che sia in una posizione inclinata per guisa che formi coll'orbita un angolo acuto.

Che queste tre posizioni inducano una essenziale diversità nei fenomeni apparenti sulla superficie della nostra Terra, sarà la verità che tenteremo di spiegare; e l'occhio ci aiuterà a comprenderle qualora nel mezzo della tavola ove si trova questo apparecchio si collochi una candela accesa od una lampada che raffiguri il Sole. All'altezza della fiamma porremo una piccola sfera, il cui asse possa prendere una posizione mutabile a piacimento, o invece d'un globo, una palla traforata in modo, che a guisa di asse vi passi attraverso un ago intorno a cui essa possa mettersi in rotazione. L'ago può essere impuntato in un turacciolo di sughero introdotto nell'apertura d'una bottiglia secondo che giova all'osservazione o verticalmente, o in direzione obliqua o parallela. Su quella palla si segnino i circoli paralleli all'equatore. Finalmente si divida il circolo della tavola mediante due linee che si taglino ad angolo retto nel centro, in guisa che ne risultino quattro parti eguali. Con questo semplice apparecchio si potrà acquistare un'idea più chiara di ciò che andremo svolgendo qui sotto, che col mezzo di semplici disegni.

56. — Prendiamo da prima a considerare l'asse terrestre verticale sull'orbita come in *a*, della fig. 45.

In questo caso s'avrebbe per tutto il corso dell'anno, in tutti i punti della terra la notte di uguale durata del giorno: i raggi del Sole cadrebbero verticali sull'equatore, ed i paesi situati in questa zona sarebbero adusti, ed inabitabili. Più fortunate sembrerebbero quelle regioni che per la obliquità di quei raggi godrebbero tutto l'anno d'una dolce e continua primavera: ma

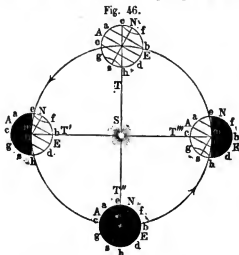
appunto per questo i loro abitanti sarebbero privati di quell'avvicendarsi di stagioni che rendono possibile l'allignare di molt

Fig. 45.

piante. Sommamente triste sarebbe poi la condizione degli abitanti del polo ai quali la luce del Sole perverrebbe tanto obliqua e fugace da lasciarli in un inverno perpetuo, e impedirebbe loro di vivere là dove attualmente pure soggiornano milioni d'uomini. Ond'è che con questa perpendicolarità dell'asse terrestre la massima parte della Terra riuscirebbe inabitabile.

Più sorprendenti fenomeni si avverano quando la Terra si collochi col suo asse parallelo all'orbita, come in *b*, fig. 45, ma in guisa oltrecciò che i poli mantengano sempre la stessa direzione. In questo caso la sola parte illuminata sarebbe nell'emisfero boreale; la luce batterebbe diretta sul polo nord, ed il giorno vi durerebbe 24 ore, mentre dal lato opposto in *a* accaderebbe lo stesso per l'emisfero meridionale e la Terra nei suoi diversi punti andrebbe soggetta ad una vicenda troppo ricisa di bruciante calore e di freddo ghiacciale. Per un punto della medesima sarebbe la durata del giorno d'un mezzo anno e non minore quella della notte; in breve un tale alternar completo di luce e di calore sarebbe per la popolabilità della Terra più assai pernicioso, che non le condizioni esposte nel caso sopracitato.

Ma come sappiamo per prova che sulla superficie terrestre non domina nè quella uniforme durata del giorno che dipenderebbe dall'asse perpendicolare, nè quella assoluta vicenda che risulterebbe dalla posizione orizzontale di questo, ne viene di conseguenza che l'asse è inclinato sull'orbita e la debba anzi intersecare ad angolo acuto *r c*, fig. 45. E così sta realmente nel fatto, e così appunto si spiegano i fenomeni importantissimi che conosciamo.

57. — Vediamo ora la Terra nelle sue posizioni tipiche rispetto al Sole. Nella fig. 46. in *S* è rappresentato il Sole, in *T* la Terra, il cui asse *N* si mantiene sempre parallelo a se stesso.

Fig. 46.

Naturalmente la sola metà illuminata e riscaldata è quella che guarda il Sole, e secondo che la Terra presenta a lui le varie sue parti, questa metà vien costituita da regioni diverse, essendo circoscritta da un circolo di luce e calore che segna il confine coll'altra metà lasciata nell'ombra. La Terra in T presenta la posizione di lei al 21 marzo, nella quale epoca i raggi solari la colpiscono direttamente sull'equatore. In questo caso il c'rcolo illuminatore si estende simultaneamente a'due poli *s* ed *N*, quindi a mezzo l'emisfero boreale, ed a mezzo l'australe che hanno il giorno nello stesso tempo; e mentre il globo si gira sul suo asse *sN* ogni punto della superficie terrestre descrive la metà del suo circolo diurno derante il giorno, e l'altra metà durante la notte. In questa posizione giorno e notte sono uguali su tutta la Terra, e questa epoca la chiamiamo perciò *equinozio di primavera*. Lo stesso caso si verifica nel 23 settembre, in cui si ha l'equinozio d'autunno come appare in *T''*, ove è rappresentata la metà oscura, ossia la parte notturna della Terra.

Percorsa la 4ª parte del suo giro orbitale, la Terra al 21 giugno si trova nella posizione *T'* che è il *solstizio* d'estate; e in questa posizione il polo nord *N*, come altresì una parte considerevole

della superficie terrestre circostante rimangono illuminati durante tutta la rotazione del globo: la porzione che dal 23 ½ grado nordico si stende fino al circolo polare artico *ef* non vede mai tramontare il Sole ed ha i suoi giorni di 24 ore. Questa porzione della Terra appellasi *zona polare nordica*. — La parte opposta, o *zona polare* meridionale *gh* circoscritta dentro un limite conforme all'anzidetto non vede mai sole, ed ha la notte di 24 ore.

All'equatore è anche in questa epoca la durata del giorno e della notte affatto uguale, dacchè la parte illuminata *nE* di questo circolo è uguale alla non illuminata *nA*. In ogni punto al nord dell'equatore il giorno diventa più lungo della notte, stantechè la parte illuminata *mb* del circolo parallelo *ab* è più grande della non illuminata *ma;* ond'è che un abitante di questa contrada resta allegrato di luce più a lungo che non ne rimanga privo. Tutti i punti situati dall'equatore verso il nord hanno perciò nel 21 giugno il giorno più lungo e la loro più corta notte. L'emisfero australe si trova in condizioni opposte, com'è facile a concepire.

Il circolo parallelo *ab* su cui al 21 giugno cadono verticali i raggi del Sole si chiama *Tropico del cancro*.

Progredendo la Terra nella sua orbita, la lunghezza de' giorni va sempre decrescendo fino al 23 settembre, giorno dell'*equinozio d'autunno T''* in cui giorno e notte sono d'egual durata, per venire finalmente al 23 dicembre, nel *solstizio d'inverno, T'''* ove i raggi del Sole cadono perpendicolari sul *Tropico* del *capricorno cd*. È chiaro che per noi abitanti dell'emisfero settentrionale gli archi diurni *ma* sono più brevi dei notturni *mb*; in quell'epoca abbiamo adunque il più breve giorno, intanto che i nostri antipodi nell'emisfero meridionale hanno il più lungo.

Mentre sull'equatore, e nella sua prossimità la durata del giorno e della notte rimane sempre uguale, si calcolano invece in ragione dell'allontanamento crescente notevoli divarii, quali si possono scorgere dallo specchio seguente:

Altezza polare o latitudine geografica	Lunghezza dei giorni più lunghi e delle più lunghe notti.
0	12 ore
16° 44'	13 »
30° 48'	14 »
49°	16 »
63° 23'	20 »
66° 32'	24 »
67° 23'	1 mese
73° 39'	3 »
90°	6 »

Nel continuare che fa la Terra la sua strada, i giorni s'allungano sempre più dal solstizio d'inverno fino all'equinozio di primavera, che fu il nostro punto di partenza, e al quale abbiamo fatto ritorno.

Troviamo pertanto in siffatta posizione obliqua dell'asse terrestre sull'orbita la spiegazione evidente dell'*apparente* moto annuale del Sole descritto nel § 35, nel quale esso taglia due volte l'equatore, e raggiunge una volta al nord ed una al sud il più elevato, ed il più basso limite della sua progressione e retrocessione.

E l'uno e l'altro di codesti punti estremi è controsegnato dal grado 23 $^1/_2$ di distanza dall'equatore, perchè quivi il Sole sembra ripiegarsi indietro e di nuovo avvicinarsi all'equatore medesimo.

58. — Per gli abitanti della regione compresa fra i due tropici, che è detta la *zona torrida*, il Sole mai non cangia durante l'anno la sua posizione in modo così ragguardevole, che i suoi raggi non giungano a quelli sempre perpendicolari o pressochè tali. Laonde in quelle contrade domina sempre il massimo calore, e le grandi variazioni di temperatura che sono proprie delle varie stagioni non vi si osservano mai. Perfino le piante, gli animali, e l'uomo stesso assumono per questo predominio di calorico e di luce forme e caratteri particolari.

Fra i tropici e i circoli polari stendonsi da una e dall'altra parte dell'equatore le *zone temperate;* e su queste il Sole non piomba mai verticalmente co' suoi raggi, perchè una parte dei medesimi scivola, a dir così, sulla Terra (V. *Fisica* § 222), e perciò il calore non vi arriva mai ad un grado eccessivo.

La superficie totale della zona torrida si calcola di 3,7 milioni di miglia tedesche quadrate, quella delle due temperate prese insieme è di 4,8 milioni, e finalmente quella delle due zone polari 0,8 milioni.

Ma molto diversa è la posizione del Sole rispetto alle nostre zone temperate *abef* (fig. 46) nel decorso dell'anno. Durante il solstizio d'estate (in *T'*) i raggi riescono di gran lunga meno obliqui che all'epoca del solstizio d'inverno nella quale il Sole approfondandosi sotto l'orizzonte coi suoi raggi quasi appena le sflora (*abef*). Ed oltrecciò qual differenza nella durata del giorno dal solstizio d'estate, in cui astrazione fatta dalla direzione verticale dei raggi, le giornate sono tanto più lunghe che nel verno! Da ciò dipende quella grande diversità di temperatura e di clima durante il corso dell'anno, e quel variar di stagione, e il passaggio dal

crudo inverno alla dolce primavera, dal cocente calore della state ad una più temperata luce e alla fresca atmosfera dell'autunno, che riapre a poco a poco le porte all'inverno.

Quanto benefico e di quale stimolo alla operosità dell'umana famiglia sia questo avvicendarsi perpetuo delle stagioni, quale attraente incantesimo esista in questo fatto, non ce lo mostrano abbastanza il tanto desiderato apparire della primavera, il silenzio e la solitudine del verno, e il benedire che facciamo il calor dell'estate maturator delle messi, e l'ubertosità gioconda dell'autunno, cantate in tutte le poesie, rappresentate sempre da tutte le arti da'tempi antichi a'moderni!

59. — Se l'orbita terrestre fosse realmente come nella fig. 46 un circolo regolare, sarebbero i periodi di tempo fra gli equinozii ed i solstizii perfettamente uguali, ed il semestre estivo dall'equinozio di primavera all'equinozio d'autunno avrebbe identica durata del semestre vernale.

Ma la cosa procede diversa, dacchè l'orbita è notoriamente elittica, e il Sole sta fisso in uno de'suoi fochi.

Se T e T', fig. 47, sono i punti equatoriali, ne segue che il tratto di orbita *T T'' T'''* del semestre vernale è un po' più breve che il tratto *T T' T''* del semestre estivo. Oltrecciò in codesto semestre invernale la rapidità della Terra è maggiore perchè nel solstizio d'inverno raggiunge la sua massima vicinanza al Sole, mentre la massima sua lontananza coincide col solstizio d'estate. Le due cause anzidette sono origine che il semestre d'estate consti di 186 giorni e 12 ore, intanto che quello d'inverno ne ha solo 178 giorni e 18 ore, il che vuol dire giorni 7 $^3/_4$ di meno.

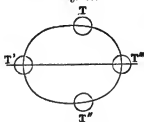



Fig. 47.

Sebbene la maggior prossimità del Sole coincida col verno, e noi ci siamo avvicinati ad esso in quella stagione di ben 695,230 miglia tedesche piucchè al tempo del solstizio d'estate, tuttavia ciò non ha influenza sul calore della superficie terrestre, siccome quello che anzitutto dipende dalla diretta incidenza de'raggi solari e dalla durata del giorno, come dianzi si è detto.

60. — Se osserviamo una sera il tramonto del Sole, vedremo nel sito ov'esso scompare sotto l'orizzonte, rendersi visibile al di sopra di lui una stella ovvero un gruppo di stelle. La sera dopo

questa medesima stella o questo gruppo li vedremo ancora al posto medesimo, presso al tramonto del Sole. Ma se proseguiremo a fare la stessa osservazione per molti giorni, troveremo che il Sole sempre più davvicino si accosta a quella stella o a quel gruppo, di guisa che finisce col tramontare insieme; ond'avviene che non si posson più vedere dopo la di lui scomparsa dall'orizzonte. Seguendo una siffatta osservazione rispetto ad altre costellazioni troveremo confermata la medesima cosa, e ciò stesso si ripeterà se faremo attenzione al levare degli astri. Una stella che sorge o prossima, o di poco anteriore al Sole, dopo alcuni giorni si rende visibile avanti e più distante da lui sull'orizzonte, perchè il Sole si è da lei allontanato; portandosi esso da ovest verso est, in guisa che ci è dato di delineare il suo cammino, solo che badiamo bene alle costellazioni presso alle quali lo abbiamo veduto.

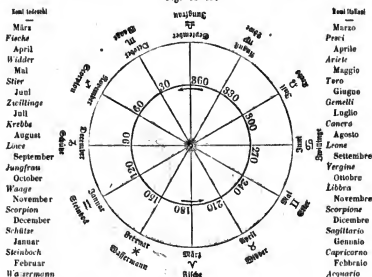
Queste costellazioni formano nel cielo delle stelle fisse una zona particolare detta *Zodiaco*, che abbraccia 7° 8°, intorno all'eclittica e parallela alla medesima. Finchè il Sole si trova in vicinanza di taluna di esse, suol dirsi che il *Sole sta in quella costellazione*. Gli antichi, e probabilmente primi tra loro, i Caldei, spartirono il zodiaco in 12 di queste costellazioni equidistanti l'una dall'altra e quindi in 12 uguali divisioni, delle quali nel § 50 abbiamo detto i nomi. Il Sole per trascorrere da una all'altra, cioè per 30° dell'eclittica impiega da 28 a 30 giorni, tempo cui fu dato l'appellativo di *mese*. Dopochè in 12 mesi esso le trascorse tutte, ricomincia da capo dalla prima, e a quel punto l'anno è completo. Durante ciascun mese perciò il Sole sta in una diversa costellazione.

Circa 3000 anni fa, quando venne fatta la scoperta del zodiaco, il Sole, in principio di primavera, cioè il 21 marzo trovavasi nella costellazione dell'Ariete, e quindi la serie dei mesi corrispondeva alle costellazioni seguenti:

Marzo	*Ariete*	Settembre	*Libbra*
Aprile	*Toro*	Ottobre	*Scorpione*
Maggio	*Gemelli*	Novembre	*Sagittario*
Giugno	*Cancro*	Dicembre	*Capricorno*
Luglio	*Leone*	Gennaio	*Aquario, od Anfora*
Agosto	*Vergine*	Febbraio	*Pesci*

Ma col volger de'secoli a cagion del lento retrocedere dei *punti nodali* dell'eclittica e dell'equatore (detto *precessione degli equinozii*) questa corrispondenza non restò più la stessa. Infatti il Sole

al principio della primavera, cioè in marzo, trovasi non più nella costellazione d'Ariete, ma in quella dei Pesci, e così in tutti i mesi successivi è avvenuto un dislocamento retrogrado verso la costellazione precedente. Ma affine di cessar confusioni nel riferirsi agli antichi principii, si usa ancora sui globi e sulle carte conservar i dodici segni delle 12 costellazioni nelle primitive loro sedi e soltanto si stabilì una differenza tra *segni* e *costellazioni*. I primi altro non sono che dodici termini divisorii della eclittica, i secondi sono i veri gruppi di stelle. Se, p. e., in un sito è detto il Sole, ovvero un pianeta sta nel segno del Cancro, si cerca sul globo o sulla carta uranografica il segno ♋ e si trova colà il gruppo o la costellazione che lo precede, i *Gemelli* (fig. 48-49).

Fig. 48-49.

Si è detto sopra che l'eclittica facendo un angolo di 23 1/2 gradi taglia l'equatore in due parti di 180° ciascuna, cioè in due punti opposti dell'orbita. Questi sono i punti che denominammo *equinoziali* dove il Sole, al 21 marzo, sta nella costellazione dei Pesci (nel segno dell'Ariete) e in autunno, al 23 settembre, nella costellazione della Vergine (cioè nel segno della Libbra).

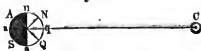
61. Anche questo apparente movimento del Sole è duopo ora sia ricondotto alla sua verità, cioè al movimento della Terra.

Riprendiamo la nostra tavola col relativo lume posto in mezzo a far le veci del Sole; collochiamo la medesima in mezzo ad una stanza circolare, il cui perimetro sia diviso in 12 parti, le quali siano distinte coi segni del Zodiaco, tutti alla stessa altezza della fiamma della lucerna, e ad eguale distanza descritti sulla parete. Nella fig. 48-49 l'interna circonferenza contrassegna la tavola, l'esterna dinota la parete della camera. L'occhio dell'osservatore supponesi all'altezza medesima della fiamma della lucerna, nel sito della freccia superiore, ove abbiamo posto la terra al 21 marzo, che immaginiamo in movimento secondo la dirizione della freccia stessa. In questo momento il Sole apparisce all'occhio nel segno dell'Ariete. Procediamo sulla periferia del tavolo, che è diviso in 12 parti, e percorsa una di quelle divisioni, vedremo il Sole entrare nel segno del Toro, e ci parrà che abbia percorso ben 30 gradi in una direzione precisamente opposta alla nostra. Continuiamo il nostro giro intorno al Sole e facciamolo entrare successivamente negli altri segni finchè giunga in Ariete, ed abbia così compito il suo corso annuale.

Prima che si fosse acquistato il convincimento di codesto moto della Terra intorno al Sole, si pensava che la Terra stesse ferma siccome centro al Sole, e nel luogo di questo (fig. 48-49). L'apparenza sarebbe infatti tale qualora noi ci ponessimo in mezzo alla tavola e facessimo girare il lume secondo la direzione delle freccie, in modo da rappresentar il Sole. Vedremmo questo passare allora per tutti il segni della castellazione.

L'intersecamento dell'eclittica coll'equatore con un angolo di 23 1/2 gradi, è naturalmente una conseguenza della inclinazione dell'asse terrestre sulla sua orbita.

Nella fig. 50 scorgiamo il Sole e la Terra col suo polo Nord N rivolto ad esso, come suol essere il 21 giugno; rammentiamoci qui che l'asse terrestre rimane sempre parallelo a se stesso. Se l'asse fosse verticale come ns sul piano dell'orbita, cioè sopra aq, l'eclittica coinciderebbe col piano dell'equatore aq. La vera posizione dell'asse è invece inclinata sull'orbita come NS, e in tal caso AQ è l'equatore, il cui piano, come si vede, taglia il piano dell'eclittica sotto lo stesso angolo che farebbe l'asse verticale supposto ns coll'inclinato NS.

Fig. 50.

62. Equazione del tempo. — La terra intorno al proprio asse aggirasi in 23 ore 56 minuti e 4 secondi con una uniformità perfetta. Codesto periodo di tempo, denominato *giorno astronomico* è diviso in 24 parti uguali che si chiamano del pari *ore astronomiche*. Di queste divisioni si valgono gli astronomi per poter determinare con facilità e precisione il luogo delle costellazioni, e per rendere più pronti e sicuri i loro calcoli.

Il tempo però che il sole impiega dal passaggio sul meridiano d'un dato luogo fino al passaggio successivo è detto *giorno solare*; e questo è di 4 minuti più lungo dell'astronomico, perchè il Sole giornalmente sembra avanzare di un grado all'incirca verso Est. È la cosa stessa che accade nella lancetta dei minuti d'un orologio, la quale se precisamente sta sopra quella delle ore, è mestieri che compia picciol tratto di più che un giro, per ritornare con esattezza a quel posto, giacchè l'indice delle ore intanto si è mosso alcun poco nella direzione medesima.

Il giorno solare è anch'esso diviso in 24 ore. Una *meridiana* ben costrutta ed esatta indica queste ore sempre con grande aggiustatezza. Vediamo nella fig. 51 una meridiana ossia un orologio

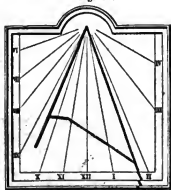
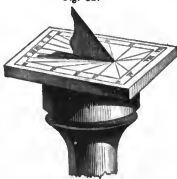



Fig. 51. Fig. 52.

solare nella posizione verticale, e nella fig. 52 nella orizzontale. Nella prima l'asta che projetta l'ombra ha la direzione dell'asse terrestre, nella seconda l'ha del pari la piastra metallica col suo margine rettilineo.

Ma i giorni solari non sono tutti di durata eguale, perchè questa, come abbiamo veduto, dipende dall'ineguale movimento della terra nella sua orbita ellittica, la quale ha per effetto il

moto apparente del Sole, e perchè d'altronde il Sole non sembra muoversi sul piano dell'equatore terrestre, si bene su quello della eclittica che è inclinato, come si disse di 23° 1/2 gradi.

Tuttavia, siccome un buon orologio a ruote dee serbare un andamento perfettamente uniforme, così non potrebbe indicarci con precisione l'ineguale tempo solare; ed è per ciò che venne addottata quella che si denomina misura del *tempo solare medio*, coll'immaginare, per dir così, un altro Sole ideale vicino al reale, che proceda sul piano dell'equatore con una velocità uniforme e che coincida sempre col vero Sole nel punto dell'equinozio di primavera.

Il sole immaginario si trova adunque ora precedere, ora seguire il reale, e molte volte ambidue passano nel tempo stesso sul meridiano. Un orologio che segni sempre 12 ore quando il Sole immaginario passa sul meridiano, serve ad annunziare il tempo *medio*, così detto per distinguerlo dal tempo *vero* che è indicato dall'orologio solare. La differenza fra l'uno e l'altro di questi due tempi solari costituisce l'*equazione del tempo*. Il prospetto che presentiamo più sotto la indicherà fino al minuto pei diversi mesi. Volendo regolare il proprio orologio, converrebbe che altri aggiungessero al tempo da esso indicato tanti minuti, o ve li sottraesse, quanti sono notati nel medesimo.

Se p. e. l'orologio solare al 26 marzo segnasse 10 ore e 17 minuti, bisogna che l'orologio a ruote indichi 10 ore e 17 minuti + 6, ovvero 10 ore e 23 minuti. Lo stesso dicasi al 7 settembre in cui l'orologio solare dà 8 ore e 55 minuti, mentre quello a ruote non segnerebbe che 8 ore e 53 minuti.

Una occhiata al seguente prospetto ci fa chiari che quattro volte all'anno, cioè il 15 aprile, il 15 giugno, il 1° settembre, e il 25 dicembre i due tempi concordano perfettamente; che perciò in que' giorni l'orologio a ruote indica il tempo preciso di quello solare. Inoltre nei mesi di febbraio e novembre si osservano le massime divergenze. Al 13 febbraio il tempo medio precede quasi di 15 minuti il tempo vero; al 3 novembre quest'ultimo avanzò l'altro di ben 16 minuti. Tale differenza ci dà ragione eziandio della disuguale lunghezza dell'antimeriggio e del pomeriggio, la quale risulta più evidente nei mesi di febbraio, ottobre e novembre. Il vero mezzodì, ossia il momento in cui l'orologio solare indica 12 ore, cade sempre al giusto mezzo fra il levare e il tramontare del Sole. Secondo la tabella, il mezzogiorno medio, cioè il momento in cui la lancetta dell'orologio a ruote sta sulle 12, precede d'un quarto d'ora il momento del mezzodì vero, e quindi l'antimeriggio

è abbreviato di un quarto d'ora, che va in aumento del pomeriggio il qual diviene così di mezz'ora più lungo. Il 3 novembre esso è più lungo perciò di 32 minuti.

EQUAZIONE DEL TEMPO

Gennaio.	Min.	Aprile.	Min.	Agosto.	Min.	Novembre.	Min.
1	+ 4	1	+ 4	2	+ 6	3	$-16\frac{1}{2}$
4	+ 5	5	+ 3	11	+ 5	9	−16
6	+ 6	8	+ 2	17	+ 4	17	−15
8	+ 7	12	+ 1	21	+ 3	21	−14
11	+ 8	15	0	25	+ 2	25	−13
13	+ 9	20	− 1	29	+ 1	28	−12
16	+10	25	− 2	Settembre.		Dicembre.	
19	+11	Maggio.		1	0	1	−11
23	+12	11	− 3	4	− 1	3	−10
27	+13	15	− 4	7	− 2	6	− 9
Febbraio.		29	− 3	10	− 3	8	− 8
2	+14	Giugno.		13	− 4	10	− 7
13	$+14\frac{1}{2}$	5	− 2	16	− 5	12	− 6
20	+14	10	− 1	19	− 6	15	− 5
27	+13	15	0	22	− 7	17	− 4
Marzo.		20	+ 1	25	− 8	19	− 3
4	+12	24	+ 2	27	− 9	21	− 2
8	+11	29	+ 3	30	−10	23	− 1
12	+10	Luglio.		Ottobre.		25	0
16	+ 9	4	+ 4	4	−11	27	+ 1
19	+ 8	11	+ 5	6	−12	29	+ 2
23	+ 7	20	+ 6	11	−13	31	+ 3
26	+ 6			15	−14		
29	+ 5			20	−15		
				28	−16		

63. Terra e Luna. — Le stesse condizioni diremo così, di predominio che abbiamo viste esercitarsi dal Sole sopra le Terra, le esercita questa sulla Luna, costretta da quella invisibile fune dell'attrazione a rimanerle vicina come satellite, ed a percorrere con lei la sua orbita intorno al Sole. Sotto tutte le zone (scrive Humbobdt) e più che tutti gli altri pianeti la Luna anima e decora l'aspetto del firmamento colla diversità delle sue apparenze e col rapido suo passaggio attraverso alle costellazioni. La sua luce

rallegra il cuore dell'uomo e fino le fiere selvagge, sovratutto nelle foreste primitive delle regioni tropicali. Essa, mercè l'attrazione che esercita in comune col Sole, mette in movimento l'Oceano, sposta l'elemento liquido della Terra, e col periodico gonfiamento dei mari e l'effetto distruttivo delle maree, cangia a poco a poco i contorni delle coste, favorisce o mette ostacolo ai lavori dell'uomo, e concorre a fornire la maggior parte di quei materiali, onde si formano i gres e i conglomerati, coperti alla lor volta dai ciottoli arrotondati e senza coesione dei terreni di trasporto. Di tal guisa la Luna opera incessantemente, come fonte di movimento sulle condizioni geologiche del nostro pianeta, oltre all'azione che esercita sulla formazione di alcune meteore atmosferiche.

Essa è tra i corpi celesti quello che è a noi più vicino, perchè, sebbene sia posta a distanza equivalente a circa 60 raggi terrestri, questa diviene affatto insignificante ove si paragoni alle enormi lontananze del Sole, e più ancora delle stelle fisse.

La figura 53 potrà somministrarci un'idea della differenza di volume che è tra la Terra e la Luna. La vicinanza di quest'astro ci permette di gettare qualche sguardo indagatore sulla sua superficie, la quale con telescopi potenti che dan 500 diametri d'ingrandimento, ovvero con altri mezzi che l'avvicinino presenta un sì magnifico e interessante spettacolo. Anche i nostri occhi, non aiutati da lenti, scoprono in essa macchie moltiformi e gruppi, su cui la fantasia si piacque crearsi ora un uomo, ora qualsiasi altra immagine d'oggetti. Ma l'occhio armato di telescopio ci ha fatti capaci di ben altre meraviglie e ci somministrò una idea abbastanza esatta della costruttura di quella superficie remota.

Fig. 53.

Durante una delle fasi, dette *quarti* lunari, la parte di Luna illuminata dal Sole è lucente, e mostrasi ritondata nell'esterno suo margine: mentre l'altro per converso appare allo sguardo dentellato e frastagliato (fig. 54). Alcuni punti brillantissimi scorgonsi nella parte oscura a qualche distanza da quel lembo, e invece alcune ombre oscure di considerevole estensione mostransi sulla parte illuminata. Queste ineguaglianze ci rivelano la natura di

quella superficie ; i punti splendenti nell'emisfero ancor tenebroso non posson esser che le cime delle alte montagne rischiarate dal Sole, e ciò riesce ancor meglio provato dallo scorgersi dietro ad esse le ombre le quali diventano tanto più brevi quanto più ci accostiamo al plenilunio. Colla misurazione di queste ombre si trovò che alcune di queste montagne eccedono in altezza quelle della nostra terra. Ve n'ha di così ripide e dirupate da assumer la forma di un immenso muro perpendicolare, cosa che non ha riscontro sul nostro globo. In generale sono disposte in larghe masse ravvicinate fra loro, e intersecate da gole ed abissi profondi. Assai frequenti poi vi sono i così detti *monti anulari*, nei quali un vallo circolare e chiuso rappresenta una grande pianura, od un vasto cratere, donde emerge talora una punta conica nel mezzo, che costituisce una specie di *monte centrale*. Fra le catene di monti anulari, la più notevole è quella chiamata dagli astronomi *Ticho*, che è visibile ad occhio nudo sul disco della Luna piena. Oltreciò si trovano gruppi di montagne d'ogni maniera ed in direzioni che hanno la forma di catene di monti, di guisa che tutta la superficie lunare offre un aspetto montuoso, anche guardata con un telescopio mediocre.

Fig. 54.

Confrontando quelle forme montagnose con quelle della Terra, si volle con certa apparenza di verità dedurne la loro natura *vulcanica* ; ma è facile scorgere quanto sia poca l'analogia di forma e di giacitura tra i crateri dei vulcani terrestri ed i valli lunari.

La diversità delle condizioni del nostro pianeta da quelle della Luna è pur confermata da altre accuratissime osservazioni sulla mancanza totale d'un'atmosfera somigliante alla nostra, e di grandi masse d'acqua che rassomiglino ai nostri mari, onde a buon dritto è messa in dubbio generalmente colà la presenza di acque e vapori. Tutta la natura fisica della superficie lunare si rivela quindi tanto dissimile dalla terrestre, da doversi tenere impossibile l'esistenza della organizzazione animale, tal quale possiamo noi con-

cepirla. Ivi infatti per mancanza d'atmosfera gli astri si levano sovra un cielo quasi nero, anche durante la presenza del Sole, giacchè non vi ha luce diffusa; ivi non suono che si propaghi, non parola, e quindi un cupo silenzio; ivi nessuna vegetazione che allegri quel triste deserto. E come immaginarvi la vita, almeno secondo il concetto che possiamo farcene noi!

Sono quindi ridevoli fantasticherie le pretese scoperte di edifizii, e di altre moli artificiali, nonchè di esseri viventi o *lunicoli*, che vennero narrate da certi scrittori di buon umore i quali vollero farsi giuoco della facile fede degli ignari. Quand'anche avessimo in nostro potere un telescopio a mille ingrandimenti, la Luna non ci avrebbe rivelato altra cosa che quanto ci sarebbe possibile vedere coi nostri occhi ad una distanza di 370 chilom., giacchè tale sarebbe il ravvicinamento operato dal canocchiale, ed a siffatta distanza niuno per fermo sarebbe in grado di scorgere la presenza d'un uomo, o di qualche cosa di simile ad esso.

Comprendesi tuttavia di leggieri come l'uomo ponga tanto interesse a conoscere il meglio che può quel pianeta ch'egli ha più vicino; e a soddisfare questa giusta curiosità noi abbiamo creduto opportuno di annettere all'opera una *Carta della Luna*, formata sopra il disegno della sua parte astronomica. Le più grandi macchie oscure, indicate con lettere alfabetiche, erano un tempo considerate siccome *mari*, e per tali denominate, quali sono:

Mare nubium A.	*M. tranquillum* E.
M. humorum B.	*M. Crisium* F.
M. imbrium C.	*M. Fecunditatis* G.
M. serenitatis D.	*M. nectaris* H.

I monti della Luna sulla carta distinti con numeri, sono (i principali):

1. *Archimede.*	8. *Purbach.*	15. *Galilei.*
2. *Platone.*	9. *Regiomontano.*	16. *Grimaldi.*
3. *Copernico.*	10. *Tolomeo.*	17. *Aristarco.*
4. *Kepler.*	11. *Apiano.*	18. *Antolico.*
5. *Gassendi.*	12. *Fracastoro.*	19. *Aristippo.*
6. *Tycho.*	13. *Plinio.*	20. *Eratostene.*
7. *Arzach.*	14. *Manilio.*	21. *Aristotele.*

64. L'orbita lunare è una ellissi in uno dei cui fochi si trova la Terra e la cui eccentricità è maggiore di quella dell'orbita terrestre, tanto che la sua figura devia assai più dalla forma circolare.

La Luna non è sempre equidistante dalla Terra, ma più vicina o più lontana, secondo il punto dell'orbita in cui si trova. La distanza media è calcolata a 51,800 miglia geografiche, ossia miriametri 38,400. Perciò cambia anche la sua grandezza apparente, essendo il massimo suo diametro visibile 31' 16'', il minimo 29' 12'', il medio 30' 14'', secondo le distanze sue dalla Terra. Il suo diametro reale è 336 miriametri, vale a dire circa 1|4 di quel della Terra; il volume è 1|54 del volume terrestre, la massa 1|87 della massa terrestre. Anche la velocità sua è tanto maggiore quanto essa è più prossima alla Terra.

Siccome poi ella si muove intorno al Sole insieme colla Terra, ne deriva che il suo movimento è complicatissimo, rappresentante una linea spirale intorno all'orbita terrestre, ed è argomento di grandissime difficoltà il calcolarlo e diffinirlo.

Però queste possono assai diminuire quando noi sottoponiamo da prima alla nostra considerazione le relazioni della Luna colla Terra, supponendo quest'ultima nel centro di un circolo quale è quello descritto dalla Luna.

Il cammino da essa percorso nel cielo è in vero dentro lo Zodiaco, ma non coincide esattamente coll'apparente orbita del Sole, l'eclittica, perchè la taglia ad un angolo di oltre 5° in due punti opposti, che si dicono i *nodi dell'orbita lunare*. Una metà rimane perciò meridionale, l'altra settentrionale rispetto alla eclittica stessa.

Osservando la posizione della Luna riferibilmente ad una stella conosciuta, e rinnovando la stessa osservazione la sera dopo, si avverte esser la Luna retrocessa da Ovest verso Est di oltre 13°. Siccome il giro totale della sua orbita ha 360°, si rilevò con più esatto calcolo che questa è percorsa da essa in 27 giorni, 7 ore, 43' 12'', dopo il qual tempo la vediamo ricomparire verso quella medesima stella. Questa durata si denomina il *mese sidereo*, o *periodico*.

Nel mentre fa questa rotazione, la Luna compie anche un giro intorno al proprio asse, il quale è quasi perpendicolare all'eclittica, di modo che l'equatore della Luna coincide quasi con questa, d'onde avviene che per la Luna hanno luogo, riguardo al Sole, gli stessi fenomeni che, come abbiam detto al § 57, accadrebbero alla Terra, ove il suo asse fosse verticale al piano della eclittica.

Una conseguenza di questo lento rivolgimento della Luna sul proprio asse si è, che una sua metà per circa 15 giorni è illuminata dal Sole, mentre per l'altra metà rimane affatto priva della sua luce, e non riceve che quella che le viene riflessa dalla Terra.

La Luna volge sempre alla Terra una sola, e la stessa sua metà, in conseguenza della sua rotazione sull'asse coincidente col tempo del suo moto orbitale. Mettendo un lume sopra una tavola rotonda, se uno giri intorno a questa colla faccia rivolta continuamente al lume medesimo, vedrà come non soltanto abbia compito il giro intorno al tavolino, ma contemporaneamente la sua persona si sia girata intorno al proprio asse.

Sole, Terra e Luna.

65. Fasi della Luna. — Nessun altro corpo celeste mostra ad occhio nudo il mirabile alternare delle sue fasi e delle sue forme, quanto la Luna; e ciò fece sugli uomini tanta impressione, che queste sue vicissitudini sono divenute proverbiali, famigliari perfino ai fanciulli, e si domanda: cos'è avvenuto della vecchia Luna, dove se n'è ita? quando farà la nuova Luna? ecc.

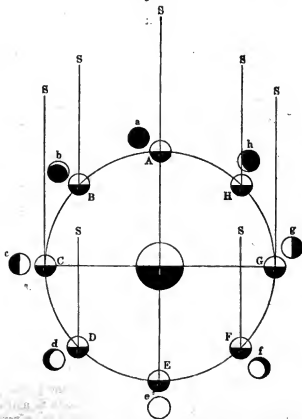
Essendo essa un corpo opaco e la luce che spande non essendo che luce solare riflessa, ci è necessario di ricorrere al Sole per ispiegare quei suoi ricorrenti fenômini; perchè quelle che appellansi *fasi lunari* non sono che posizioni relativamente diverse in cui trovansi il Sole, la Luna e la Terra.

Avvertiamo da prima che stante la grande distanza dei due ultimi corpi dal Sole, e stante la ragguardevole grandezza di questo, tutti i raggi che da lui procedono colpiscono paralleli la Terra e la Luna, senza riguardo al punto della loro orbita in cui esse possan trovarsi.

Sia *T*, fig. 55, la Terra, e *cc*... la Luna nelle diverse sue posizioni sulla propria orbita: *SS*.... linee parallele fra loro provenienti dal Sole, ossia i raggi che da lui emanano Certo questi raggi devono illuminare promiscuamente le faccie di ambidue i corpi (Terra e Luna) che sono rivolte verso al Sole, e renderle visibili sotto forma di due dischi lucenti, intantochè le faccie opposte rimangono oscure.

Se il Sole, la Luna e la Terra si trovano sulla medesima linea, per modo che la Luna fosse collocata nel mezzo come *SAT*, fig. 55, si avrebbe ciò che chiamasi *congiunzione*, e si avrebbe invece la così detta *opposizione* quando fosse la Terra frammezzo al Sole ed alla Luna come, mostra *STE*. Le due posizioni, *C* e *G*, della Luna prendono il nome di *quadrature*. Dalla stessa Terra non si vede della Luna se non quella metà che le sta rivolta contro, cioè quella

porzione che nella nostra figura resta tagliata del cerchio dall'orbita lunare. Mentre adunque *A B C D E F G H* rappresentano la

Fig. 55.

Luna guardata dal Sole, le figure *a b c d e f g h* danno l'idea di essa quando è guardata in queste medesime posizioni dalla Terra.

Nella *congiunzione* in *A* gli abitanti della Terra non hanno davanti a sè che il disco oscuro, ossia la così detta *Luna nuova.* Allora essa ci è visibile appena a modo di corpo grigio scuro, pallido, in forza del lume riflesso che gli manda la Terra. Dopo qualche giorno la Luna presentasi in *B* quasi in forma d'una falce lucente *b*, poscia nella quadratura *C*, il che costituisce il *primo quarto lunare* (*c*) il disco è illuminato per metà. In seguito sif-

fatta illuminazione va sempre aumentando, e nella opposizione ci si mostra rischiarato l'intero disco in aspetto di *plenilunio*, dal qual punto poi con ordine inverso ripiglia le stesse forme fino a che rientra nella fase di congiunzione.

Come si scorge nella fig. 55, in *b* ed *h*, e meglio ancora nelle fig. 56 e 57, la Luna, nel crescer della sua parte luminosa, si mostra

Fig. 56.

Fig. 57.

in forma d'un *D*, e nel diminuire in quella d'un *C*; una siffatta variazione ha riscontro nei vocaboli latini *decrescit e crescit*, corrispondenti al nostro *diminuire* e *crescere*: perchè quando essa ha la forma di *C* è in accrescimento per giungere a quella di *D*. Si può dalla direzione della curva falcata in fatti arguire quando la Luna stia per aumentare o scemare di luce.

È utile per intender le diverse fasi lunari, ricorrere ad un qualche meccanismo che mostri il modo della loro formazione; a ciò può servire, come in addietro si è detto, un tavolino, nel cui mezzo sia posta una grande sfera che raffiguri la Terra, ed una minore che faccia le parti di Luna collocata a competente distanza. Una lampada in lontananza assai maggiore faccia le veci di Sole, dominando ad uguale altezza quelle due sfere. Si dia alla Luna una tinta bianca per farne spiccare la parte illuminata; e se la si osserverà dal punto ov'è situata la sfera maggiore, nei diversi punti della sua orbita, si potrà ravvisare una imitazione abbastanza fedele delle fasi lunari. Mentre nella sua congiunzione la Luna lascierà visibile soltanto una piccola e sottile falce in *b* ed *h*, fig. 55, il resto del suo disco non sarà perfettamente oscuro, ma sì bene cinereo e riverberante una luce pallida come nella fig. 58: non già perch'esso sia fornito d'una

Fig. 58.

luce propria, ma perchè all'epoca del novilunio la metà della superficie terrestre totalmente illuminata dal Sole riflette i raggi sulla Luna medesima (v. fig. 55). In quest'epoca la notte lunare è rischiarata dal completo splendore terrestre.

66. — Siccome la Luna progredisce giornalmente da Ovest verso Est del considerevole tratto di 13° nel cielo, è naturale, che in ogni giorno susseguente essa sorga quasi un'ora più tardi, ciò che non accade delle stelle fisse, essendo esse immobili nel cielo, levandosi e tramontando nell'ora e nel minuto medesimi. Il sorger della Luna si può tuttavia calcolare con tutta esattezza, ed in moltissimi casi essendo di gran profitto sapere se, e quando, si possa contare sul chiaro di luna, così si trovano nei calendarii sempre notate le fasi lunari coll'orario della levata e del tramonto dell'astro.

67. Calendario. — Il moto regolare dei corpi celesti somministra il mezzo più comodo e sicuro per dividere il tempo in frazioni grandi e minute. A tal fine però non si chiamano in aiuto altri che il Sole e la Luna, come quelli fra tutti gli astri che hanno manifesta influenza sulla vita e sulle occupazioni degli uomini. La costante rivoluzione della Terra intorno al proprio asse producendo l'alterna vicenda del giorno e della notte, è per se stessa un ben determinato periodo di tempo, il primo e il più breve che venga in evidenza: il giro poi della Terra intorno al Sole in 365 $^1/_4$ giorni è il maggiore colle sue vicissitudini di stagioni.

Le suddivisioni dell'anno in mesi, quelle dei mesi in settimane, sono tratte dallo splendere della Luna. Il tempo fra due congiunzioni lunari immediate, cioè fra l'uno e l'altro novilunio (V. fig. 55) importa circa 29 giorni e mezzo; e fra due quarti successivi corrono 7 giorni e 2|5. Ma la circostanza che questi periodi non coincidono con giorni interi, porta la conseguenza che non riesce possibile dividere l'anno a seconda delle fasi lunari in porzioni uguali fra loro. Così p. e. 12 circonvoluzioni lunari di 29 1|2 giorni danno 354 giorni, per lo che mancherebbero 11 giorni al compimento dell'anno solare. Se questo si volesse dividere in 12 parti, ogni mese avrebbe 30 1|2 giorni. Affine di regolare queste frazioni, si sono alternati i mesi di 30, e quelli di 31 giorno; e volendo che l'anno fosse sempre costituito da un numero di giorni completi, si stabilì che tre anni consecutivi fossero di 365 giorni, un quarto invece di 366. Questo fu detto appunto *anno bisestile*, in cui il febbraio, che negli altri è di 28, diventa di giorni 29.

Una tale ripartizione ebbe origine in tempi antichi, ma fu in-

trodotta da Giulio Cesare nel 54 avanti l'èra volgare, e fu detta perciò il *Calendario Giuliano.*

Ma in questo Calendario è presupposto che l'anno sia di 365 1|4 giorni: ed un tal computo non è preciso; perchè dalle più accurate posteriori osservazioni astronomiche un siffatto periodo è stato riconosciuto soltanto di giorni 365, 5 ore, 48 minuti e 46 secondi; cosicchè rimane in eccesso un divario di 11 minuti e 14 secondi. Un cotal sopravanzo dopo 128 giorni è di 24 ore, ossia d'un giorno intero. Quindi nel corso di secoli si ha tale uno sbaglio nei computi del tempo, che nel 1582 la eguaglianza fra il giorno e la notte del 21 marzo invece di avverarsi in quel giorno, avveniva 10 giorni prima. Ora dall'anno 45 avanti all'èra cristiana fino al 1582 sono corsi 1626 anni; e dividendo questo numero per 128, si avrebbero 13 giorni circa di sopravanzo; locchè dimostra quanto il Calendario Giuliano fosse lontano dall'essere perfettamente esatto.

Per rimediare a futuri errori di questa fatta, che sarebbero riusciti gravissimi, papa Gregorio XIII introdusse nel 1582 la riforma del Calendario, la quale prese da lui nome di *Calendario Gregoriano.* A tal uopo, anzitutto si stabilì il principio che l'equinozio di primavera abbia sempre a coincidere col 21 marzo, e in conformità a quanto erasi decretato dal Concilio ecumenico di Nicea nel 325, che la festa di Pasqua dovesse sempre celebrarsi nella prima domenica dopo il plenilunio che segue immediatamente il detto equinozio.

Per effettuare questa riforma venne nell'anno 1582 stabilito che si togliessero di mezzo 10 giorni, cosicchè dal 4 ottobre che allora correva, si passò di tratto al dì 15; e affinchè non si rinnovasse il primo errore, fu ordinato che ogni 400 anni vi fossero tre bisestili, i quali dietro i calcoli, portarono che il primo anno di ogni secolo (*anno secolare*), il quale sarebbe bisestile stando al Calendario Giuliano, non fosse composto che di soli 365 giorni, sempre quando il numero dell'anno medesimo non sia divisibile in 400 parti. Ciò recò, in conseguenza, che gli anni 1600, e 2000 siano bisestili, il 1700, 1800, 1900, nonchè il 2100, 2200, 2300 non lo sieno. Come regola più semplice si ritenga essere bisestili tutti quegli anni, il cui numero è divisibile per 400 senza lasciare frazione. Il Calendario Gregoriano venne introdotto in tutta la cattolicità, e già dal 18º secolo ammesso anche da' protestanti. Soltanto in Russia si è conservato il Giuliano, ond'è che ivi l'anno rimane 12 giorni indietro dal nostro, cosicchè la festa del primo d'anno cade soltanto al 13 gennaio.

Conseguenza delle accennate determinazioni intorno alla Pasqua si è ch'essa non può giungere mai prima del 22 marzo, nè più tardi del 25 aprile, e questo è il limite del periodo pasquale. L'epoca d'una serie d'altre festività sacre collegasi con quella di Pasqua, quali sarebbero, p. e., dopo 40 giorni l'*Ascensione* e dopo 50 la *Pentecoste*.

68. Flusso e riflusso. — Siccome l'attrazione fra le diverse parti della materia è sempre scambievole, così non vien soltanto attratta la Luna dalla Terra, ma sì anchè questa da quella. Siffatta attrazione si esercita dalla Luna principalmente e più fortemente nel punto dell'orbita, in cui è più vicina ad un luogo, cioè quando essa passa sul meridiano del medesimo; quindi la sua forza massima è sull'equatore terrestre, perchè la Luna passa sovr'esso quasi a perpendicolo.

L'influenza dell'attrazione si fa sentire sulle parti solide soltanto in modo indiretto; ma sull'acqua del mare che copre la più gran parte della superficie terrestre, la sua azione è più potente a cagione della minor coesione dei liquidi e della loro maggiore mobilità, e si palesa in tutta la direzione di quel meridiano, su cui si trova la Luna. Il mare pertanto, attirato da essa, si spinge in certo modo verso a lei, e si rigonfia. Il salire delle sue onde in certe ore, detto *alta marea* o *flusso*, si mostra più chiaramente e ad altezza maggiore nei luoghi indicati sottostanti al meridiano e massime all'equatore, e va decrescendo verso i poli per modo che mentre a S. Malo arriva il flusso fino a 50 piedi, sulle coste della Norvegia riesce appena sensibile.

Siccome poi nel tempo stesso anche il centro della Terra prova quella attrazione nella direzione medesima e fino ad un certo grado, le obbedisce, così ne viene che il mare dell'opposta parte in conseguenza della sua facoltà d'inerzia non potendo immediatamente seguire la Terra che gli scivola sotto, rimane in uno stato che è di prominenza rispetto al fondo terrestre. In tal guisa l'alta marea forma come un grande anello che cinge la Terra a traverso i due poli, che appare più alto all'equatore e digrada verso i poli e si propaga da Est ad Ovest secondo che per la opposta direzione della rotazione terrestre la Luna a poco a poco entra nel meridiano de' diversi luoghi.

Una conseguenza di questo fatto si è che dentro le 24 ore succede il *flusso* due volte nello stesso luogo ad intervallo di 12 ore, e che mentre questo si effettua, p. e., sul nostro mare, contemporaneamente ha luogo anche su quello de' nostri antipodi.

Ma se il mare simultaneamente fluisce in due parti opposte della Terra, e vi cagiona l'alta marea, è naturale che debba nei punti intermedii rifluire, e dar così origine alla *bassa marea* o al *riflusso*, il quale precisamente in quei luoghi che sono fra mezzo a due alte maree, dev'essere anche più sensibile. Tutti i luoghi posti sotto allo stesso meridiano hanno nello stesso tempo il *riflusso*, il quale forma equabilmente come un circolo d'avvallamento nelle acque passando pei poli, e tagliando ivi ad angolo retto l'altro circolo che è formato dal *flusso*.

Quindi vediamo nelle coste marittime giornalmente per sei ore l'acqua spingersi verso la terra, coprire i bassi fondi, scorrer in su per miglia intere contro lo sbocco dei fiumi, rompersi lungo le scogliere montuose spumeggiando, quasi le volesse inghiottire, finchè giunto il flusso al suo punto elevato e mantenutovisi per 15 minuti immobile, retrocede per altre sei ore fino alla nuova marea.

È difficile immaginare più maestoso spettacolo e più sorprendente nella sua misteriosa orridezza, di quel rotolarsi di onde, di quella schiuma argentina che corona i flutti del mare, che simili a'mostri s'accavalcano l'uno sull'altro, e si rovesciano sulla spiaggia, e rotti si rifanno per dar luogo ad altri che si producono tosto dietro a loro.

Siccome la Luna entra nel meridiano di un dato luogo, ad ogni giorno circa 50 minuti più tardi, così parimenti il flusso dell'indomani ritarda, ed attesta anche con ciò la propria origine dall'influenza lunare, porgendo inoltre alla nautica dei dati molto importanti.

In generale però il fenomeno del flusso e riflusso non ha luogo in maniera così semplice come abbiamo descritta; perchè senza tener conto delle molte combinazioni locali, quali sono la forma e posizione delle coste, altre cause accidentali perturbano il suo andamento regolare, come sarebbero i venti. Il Sole principalmente esercita anch'esso la sua potente azione su questo fenomeno secondo è portato dalla sua posizione rispetto alla Terra e alla Luna. Nella congiunzione (fig. 55) si aggiunge l'attrazione del Sole sulla Luna, e quindi il flusso aumenta: nella opposizione per converso decresce, fino a cessarla del tutto in certe regioni; la minore influenza si riscontra nei quarti lunari.

69. Eclissi. — Gli oscuramenti che avvengono di tratto in tratto dei corpi celesti, altro non sono se non l'effetto dell'ombra proiettata sovr'essi da un corpo opaco, intanto che una faccia del medesimo è illuminata. Se il corpo illuminante *A* (figura 59)

supera il corpo oscuro B in grandezza, ne deriva, in causa del corso rettilineo della luce una doppia ombra. Il *nucleo* di questa si trova là dove assolutamente non può arrivare alcun raggio luminoso, e forma un cono, la cui punta S si trova dietro il corpo

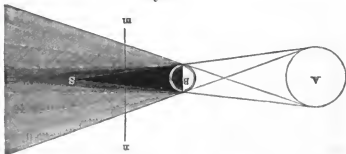
Fig. 59.

opaco. L'occhio che fosse collocato entro siffatto cono non potrebbe rilevare, nessuna parte della sorgente luminosa A; e la troverebbe affatto oscurata. La *mezza ombra* o *penombra* ha luogo colà dove non giungono a dir vero da tutte le parti del corpo luminoso i raggi, ma ne giungno soltanto da alcune; ond'è che si forma così un nuovo cono, la cui punta ove si immaginasse prolungata, dovrebbe tuttavia stare davanti del corpo oscuro. Esaminiamo infatti l'ombra formata, p. e., come mn sopra una carta, o una lamina bianca, e vedremo nel mezzo un circolo nero, che è il *nucleo* oscuro cinto da una penombra, che intorno alla circonferenza diviene ancora più chiara (fig. 60). Quanto più allontaniamo la lamina dal corpo che proietta l'ombra, tanto più piccolo diventa il diametro del nucleo, e maggiormente si aumenta quello della penombra.

Fig. 60.

70. Eclissi lunare. — Sia A della fig. 59 il Sole, e B la Terra, la lunghezza del cono costituente il nucleo dell'ombra di quest'ultima sarà oltre a 108 diametri terrestri. Siccome la Luna non è distante dalla Terra che 30 di quei diametri, e il diametro dell'ombra terrestre a quella distanza è almeno tre volte più grande di quel della Luna, tostochè questa entra in quell'ombra deve necessariamente rimanere affatto oscurata.

Se i movimenti della Terra e della Luna rispetto al Sole si compissero esattamente sul medesimo piano, come accadrebbe qualora l'orbita lunare fosse sul piano della eclittica, in ciascuna oppo-

sizione (§ 65), vale a dire, all'epoca di ciascun plenilunio, essa dovrebbe rimaner oscurata. Ma siccome abbiamo veduto che l'orbita lunare taglia l'eclittica solamente in due punti, o *nodi* (§ 64) non possono intervenire le ecclissi lunari se non allora che la Luna al tempo della opposizione si trovi in uno dei nodi, ovvero in vicinanza ad essi, locchè suole avverarsi in 18 anni 29 volte.

L'eclissi della Luna comincia dal suo lato orientale, ed è *totale* se l'astro si trova tutto nel nucleo dell'ombra, *parziale* se lo è in parte soltanto. La durata della prima può protrarsi fino a due ore.

71. — Queste eclissi lunari sono visibili in tutti i punti dell'emisfero notturno della Terra, sul cui orizzonte si trova la Luna, e per tutti quei punti esse avranno uguale grandezza e durata. Gli osservatori per converso che sono distanti fra loro all'Est od all'Ovest non vedono il principio e la fine dell'eclissi nel medesimo tempo, e si è perciò profittato di questa differenza di tempo per determinare la longitudine d'un luogo, cioè per riconoscere la sua distanza dal primo meridiano (§ 26). Quanto più distanti sono due luoghi all'Est od all'Ovest, tanto è maggiore la differenza dell'ora del giorno in cui, p. es., si osserva l'entrata della Luna in eclissi. Se essa si trova in un luogo a 10 ore di notte, e in un altro, che sta all'occidente, ad ore 8, ciò serve a dimostrar che i due luoghi sono distanti l'uno dall'altro di 15 gradi. La forma rotonda dell'ombra visibile della Terra sulla Luna è anch'essa una prova notevole della rotondità della Terra stessa; giacchè in qualunque posizione questa possa trovarsi, e mentre va pur ruotando rapidamente col suo moto diurno, la sua ombra mantiene sempre l'aspetto d'un disco, ossia è sempre tale esattamente quale un globo proietterebbe sovra un altro globo.

72. Eclissi solare. — Quando la Luna e il Sole sono in congiunzione, la Luna *M* (fig. 61) si trova fra la Terra *T* ed il Sole *S*. Una tale posizione si verifica nel tempo in cui la Luna procede attraverso uno de' suoi *nodi* o trovasi, fino al 16° inclusivamente, in prossimità ad esso. Quindi accadono le eclissi sempre o a Luna nuova, o prossimamente ad essa, nella qual condizione l'ombra della Luna stessa cade sopra la Terra. Un tale avvenimento si verifica 41 volta in 18 anni, ma dalle cose che diremo in appresso si deduce come per un medesimo sito della Terra l'eclissi di Sole occorra ben tre volte più raro che non quello di Luna.

La lunghezza del cono d'ombra che trae dietro a sè la Luna, è maggiore quando questa è più vicina alla Terra, ed allorchè ne è più lontana, essa lunghezza è minore che non sia la di-

stanza della Luna dalla Terra. Nel primo caso una piccola porzione *d* della superficie terrestre può essere involta entro al nucleo dell'ombra, e per questa vi sarà *totale eclissi di Sole*. Il diametro del Sole nell'indicata posizione apparisce all'occhio minore di quel della Luna e quindi, per breve istante, ad un osservatore collocato in *d* il disco solare sarà totalmente coperto dal lunare. La più lunga durata di codesto oscuramento totale del Sole per un dato luogo non può eccedere i 4 o 5 minuti. Quando all'incontro la Luna è nella maggior lontananza, il diametro di essa apparisce più piccolo di quello del Sole, e perciò nel punto *d* della superficie terrestre scorgesi tuttavia un sottil lembo splendente di Sole, cosicchè l'eclissi non è compiuta, perchè l'ombra è contornata di luce, ond'è ch'ebbe il nome di eclisse *anulare*, la cui durata massima fu calcolata di circa 6 minuti e un quarto.

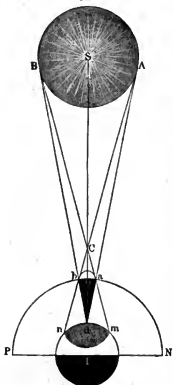



Fig. 61.

La penombra della Luna invece si estende sopra una più ragguardevole parte *mn* della Terra; perchè il suo diametro è $^{3}/_{8}$ del diametro terrestre. Gli abitanti delle regioni comprese nella penombra non ricevono da tutti i punti del Sole la luce, e quindi per loro soltanto una sua parte si rende invisibile e si ha la eclissi *parziale*.

Il Sole comincia ad ottenebrarsi in sul margine occidentale, e l'oscurità progredisce verso l'orientale. L'eclisse tuttavia attesa la grande vicinanza della Luna, non è per tutti i luoghi che hanno il Sole sul loro orizzonte, nè contemporanea, nè di uguale durata, nè visibile allo stesso modo, anzi in alcuni di quei punti non lo è affatto. Nelle condizioni più favorevoli il nucleo d'ombra in quei siti in cui esso arriva alla Terra non ha che un diametro al più

di 266 chilometri e mezzo, e perciò i luoghi che hanno contemporaneamente l'eclissi totale del Sole sono sempre circoscritti entro una periferia proporzionatamente ristretta.

L'eclissi totale di Sole è certamente uno de'più sorprendenti spettacoli della natura. L'oscurità è talvolta sì intensa da render visibili i pianeti, e le più brillanti stelle; la temperatura dell'aria si abbassa; i vegetabili e gli animali si comportano come dopo il tramonto, i fiori si chiudono, gli uccelli corrono a posarsi, e tuttavia quell'oscurità è diversa dalla notturna, perchè accompagnata da una luce tutta particolare che languidamente rischiara gli oggetti d'una tinta giallo-verdastra che desta un senso di tristezza.

Siccome le posizioni relative dei dischi della Luna e del Sole, i loro moti apparenti, e tutte le circostanze che determinano di minuto in minuto le varie distanze dei loro centri sono note agli astronomi, ed accertate con calcoli precisi, così non riesce loro difficile determinare preventivamente il principio e il fine e l'estensione delle eclissi tanto di Luna che di Sole. Il problema quindi non è dei più ardui della scienza, sebbene la sua soluzione sia di quelle che destano la maggior meraviglia nel popolo. È noto come Colombo siasi giovato delle sue cognizioni di pratica astronomia per predire un eclisse solare affine di mantener la sua autorità sulla ciurma ammutinata del suo vascello.

73. I Pianeti. — Fu già annunziato al § 45 che mediante una diligente e continuata osservazione del cielo stellato si scoprono certi astri che mutano in modo mirabile la loro posizione rispetto alle altre stelle che si presentano fisse. Furono denominati perciò stelle vaganti o *pianeti*, i quali, ove si contemplino con un forte telescopio che li ravvicini, si vedranno considerevolmente ingranditi fino ad essere mensurabili, ed anche attraverso le lenti, manderanno quella luce tranquilla, che noi scorgiamo in essi a occhio nudo che è appunto la luce del Sole da loro riflesso. Questo carattere li distingue essenzialmente dalle stelle fisse, le quali malgrado i maggiori ingrandimenti riesce appena possibile di misurare, e non altrimenti di piccolissimi punti lucenti splendono vivaci di una luce lor propria, che emana come da altrettanti soli, posti ad incalcolabili lontananze.

I pianeti a differenza delle stelle fisse sono molto più vicini alla Terra, e per lo scarso loro numero sarebbero appena osservabili in paragon delle stelle, ove per molti altri riguardi non diventassero del più grande interesse per noi.

Fig. 61.

Viaggio percorso da Venere nel 1847.

Per quanto spetta al loro movimento, esso è circoscritto entro certi limiti del cielo, che furono notati nel § 60 nella esposizione dello Zodiaco. Ma quanto non è diverso il loro corso da quello del Sole e della Luna! Mentre questi due corpi progrediscono in archi quasi uguali a determinati tempi da una costellazione dell'ovest ad una dell'est, mentre percorrono un intero giro nel cielo, si vede per es. un pianeta, per lungo tempo nella stessa guisa e rapidamente avanzare, poi rallentare la sua velocità, fino a rimanere per un tratto apparentemente stazionario, e di là retrocedere e descrivere poscia di nuovo una linea irregolare. La direzione dei pianeti insino a tanto che segue quella del Sole si dice *progressiva*, la contraria è *regressiva;* e tra l'una e l'altra si ha quello stato, che dicesi *stazionario.* Vediamo parimenti, relativamente all'eclittica che i pianeti dirizzano il loro corso in parte verso il settentrione, in parte verso il mezzodì, cosicchè la tagliano in certi punti che al pari di quei della Luna son detti *nodi.* Per dimostrare questo singolar movimento dei pianeti gioviamoci della fig. 62, che segna il tragitto di Venere nel 1847. Si vede com'essa dal 1 gennaio al 5 settembre abbia seguito il viaggio del Sole sull'eclittica,

poi sia retroceduta, e finalmente abbia formato un vero nodo. — Nulla riuscì più difficile per la esatta cognizione del corso dei pianeti, e la corrispondenza loro col Sole, della spiegazione di questi singolari loro movimenti. Tutti i tentativi fatti cogli antichi sistemi immaginati per chiarir l'ordinamento dei corpi celesti vennero meno quando si trattò dei pianeti, e mostraronsi inesatti, incompleti e fallaci.

74. — Il Sole non è già il centro di attrazione per la sola Terra, la quale descrive la sua ellisse intorno a lui, ma lo è altresì per altri corpi celesti, come sono tutti i pianeti, nel novero dei quali va pure compresa la Terra.

Conosciamo finora l'esistenza di 86 pianeti, ma atteso le più recenti continue scoperte si può asserire non essere certamente con questo numero compita la loro serie.

Essi non sono in tutto uguali fra loro, ma offrono essenziali diversità in grandezza, lontananza dal Sole, velocità, fisica composizione; s'assomigliano invece nella forma, nella mancanza di luce lor propria, nella curva ellittica della loro orbita intorno al Sole. Oltrecciò i piani di quest'orbita sono inclinati ad angoli molto piccoli fra loro; e solo alcuni fra i pianeti minori fanno eccezione a questa regola. Si è altresì accertata in molti una rotazione sul proprio asse, così che si può conghietturarla per tutti gli altri.

75. — Designandoli tutti in un generale coordinamento col Sole, sotto il nome di *sistema planetario*, ce ne potremo con maggiore facilità far l'opportuno concetto segnando su d'una tavola,

Fig. 62.

o sopra un foglio di carta un prospetto, in cui il Sole rappresenti come il comune e stabile punto di attrazione, e intorno ad esso sieno delineate le orbite circolari od elittiche dei singoli pianeti in piccole dimensioni.

Per più facile e chiara intelligenza potran supporsi figurate le orbite mediante circoli il cui raggio esprima la distanza media

d'ogni singolo pianeta dal Sole come si vede nella fig. 63. E per ben rappresentare le orbite elittiche bisogna necessariamente premettere la conoscenza del loro grande asse, e della loro eccentricità, § 13.

Anzitutto distinguonsi i pianeti *inferiori*, che sono più vicini al Sole di quello che sia la Terra, in numero di due, *Mercurio* e *Venere*, dai *superiori*, le cui orbite cingono quella della Terra, in confronto alla quale vengono calcolate tutte le altre.

Inoltre coll'appellativo di pianeti *antichi* intendonsi quelli conosciuti da tempi remoti, cioè *Mercurio* ☿, *Venere* ♀, *Marte* ♂, *Giove* ♃ e *Saturno* ♄. Gli altri scoperti dopo l'invenzione del telescopio son detti *nuovi*. A questi appartengono i due grandi e più lontani dal Sole *Urano* e *Nettuno*, come pure una quantità di corpi minori che si muovono in certe orbite fra Marte e Giove. Questi piccoli pianeti non visibili ad occhio nudo, ed avvertibili appena coi telescopii, si denominarono anche *Asteroidi* o *telescopici*, e quasi ad ogni anno si accresce il numero loro.

Meglio che in altro modo si possono vedere le più importanti proporzioni dei pianeti nel prospetto seguente. Osserviamo in esso che nel sempre crescente lor numero si è rinunciato di contrassegnarli con simboli particolari, limitandosi finora a distinguerli con un piccolo cerchio entro cui è scritto il numero che si riferisce alla serie della fatta scoperta.

SISTEMA DEI PIANETI DEL SOLE

Numeri	Segni	NOMI	Distanza media del sole in milioni di miglia geografiche	Tempo di rivoluzione siderale per annate e giorni	Eccentricità dell'orbita	Inclinazione dell'orbita all'ecclitica	SCOPERTA	
							Epoca	Autore
		Pianeti interni		a. g.				
1	☿	Mercurio	8,0	88,0	0,206	7° 0'		
2	♀	Venere	15,0	224,7	0,007	3 23		
3	♁	Terra	20,7	1 o 365,2	0,017	0 0		
	☽	Luna	(52000 m d. ♁)	27,3	0,055	5 9		
4	♂	Marte	31,5	1 321,7	0,093	1 51		
		Asteroidi						
5	(1)	Cerere	57,2	4 220,1	0,081	10 36	1° genn. 1801	Piazzi
6	(2)	Pallade	57,2	4 222,8	0,240	34 43	28 marzo 1802	Olbers
7	(3)	Ginnone	55,2	4 132,3	0,255	13 3	1° settem. 1804	Harding
8	(4)	Vesta	48,8	3 229,5	0,089	7 8	29 marzo 1807	Olbers
9	(5)	Astrea	53,2	4 49,4	0,190	5 20	8 dicem. 1845	Hencke
10	(6)	Ebe	50,1	3 283,3	0,203	14 47	1° luglio 1847	Hencke
11	(7)	Iride	49,3	3 250,8	0,231	5 28	13 agosto 1847	Hind
12	(8)	Flora	45,5	3 97,3	0,157	5 53	18 ottobre 1847	Hind
13	(9)	Metide	49,3	3 250,4	0,123	5 36	25 aprile 1848	Graham
14	(10)	Igea.	65,1	5 214,6	0,101	3 47	12 aprile 1849	de Gasparis
15	(11)	Partenope . . .	50,7	3 307,8	0,099	4 37	10 maggio 1850	de Gasparis
16	(12)	Vittoria.	48,2	3 207,0	0,219	8 23	13 settem. 1850	Hind
17	(13)	Egeria	53,3	4 49,3	0,087	16 32	2 novem. 1850	de Gasparis
18	(14)	Irene	53.5	4 61,0	0,165	9 7	19 maggio 1851	Hind
19	(15)	Eunomia	54,6	4 109,4	0,187	11 44	29 luglio 1851	de Gasparis
20	(16)	Psiche	60,4	5 0,2	0,135	3 4	17 marzo 1852	de Gasparis
21	(17)	Tetide	51,2	3 325,0	0,128	5 36	17 aprile 1852	Luther
22	(18)	Melpomene . .	47,5	3 175,6	0,217	10 9	24 giugno 1852	Hind
23	(19)	Fortuna	50,5	3 297,8	0,157	1 33	22 agosto 1852	Hind
24	(20)	Massalia	49,8	3 269,6	0,144	0 41	20 settem. 1852	Chacornao
25	(21)	Lutezia	50,3	3 292,6	0,161	3 5	15 novem. 1852	Goldschmidt
26	(22)	Calliope	60.1	4 351,6	0,102	13 45	16 novem. 1852	Hind
27	(23)	Talia	54,3	4 95,1	0,239	10 13	15 dicem. 1852	Hind
28	(24)	Temi	64,9	5 207,8	0,117	0 49	5 aprile 1853	de Gasparis
29	(25)	Focea.	49,6	3 262,4	0,230	21 35	6 aprile 1853	Chacornao
30	(26)	Proserpina . . .	54,9	4 120.0	0,087	3 36	5 maggio 1853	Luther
31	(27)	Euterpe.	48,5	3 217,8	0,173	9 59	8 novem. 1853	Hind
32	(28)	Bellona.	57,4	4 230,5	0,150	8 39	2 marzo 1854	Luther
33	(29)	Anfitrite	52,8	4 31,3	0,073	6 8	2 marzo 1854	Marth
34	(30)	Urania	48,9	3 233,1	0,128	2 6	22 luglio 1854	Hind
35	(31)	Eufrosina . . .	65,2	5 221,5	0,216	26 25	22 agosto 1854	Hind
36	(32)	Pomona	53,5	4 60,5	0,080	5 29	26 ottobre 1854	Goldschmidt
37	(33)	Polinnia	59,2	4 309,1	0,338	1 57	27 ottobre 1854	Chacornao
38	(34)	Circe	55.5	4 147,8	0,106	5 27	6 aprile 1855	Chacornao
39	(35)	Leucotea	62,1	5 75,8	0,216	8 10	19 aprile 1855	Luther
40	(36)	Atalanta	56,8	4 202,7	0,297	18 42	5 ottobre 1855	Goldschmidt
41	(37)	Fede	54,6	4 107,8	0,174	3 7	5 ottobre 1855	Luther
42	(38)	Leda	56,6	4 195,7	0,155	6 58	12 genn. 1856	Chacornac
43	(39)	Letizia	57,3	4 222,8	0,112	10 21	8 febbr. 1856	Chacornac

Numeri	Segni	NOMI	Distanza media dal sole in milioni di miglia geografiche	Tempo di rivoluzione siderale per annate e giorni	Eccentricità dell'orbita	Inclinazione dell'orbita all'eclittica	SCOPERTA Epoca	Autore
		Asteroidi		a. g.				
44	(40)	Armonia	46,9	3 151,1	0,047	4°16'	31 marzo 1856	Goldschmidt
45	(41)	Dafne	53,8	4 72,7	0,282	15 13	22 maggio 1856	Goldschmidt
46	(42)	Iside	50,4	3 296,5	0,225	8 34	23 maggio 1856	Pogson
47	(43)	Arianna.	45,5	3 98,9	0,167	3 28	15 aprile 1857	Pogson
48	(44)	Nisa	50,1	3 283,4	0,150	3 42	27 maggio 1857	Goldschmidt
49	(45)	Eugenia	56,2	4 177,4	0,082	6 35	27 giugno 1857	Goldschmidt
50	(46)	Estia	52,2	4 5,5	0,164	2 18	16 agosto 1857	Pogson
51	(47)	Aglaia	59,6	4 325,9	0,130	5 1	15 settem. 1857	Luther
52	(48)	Doride	64,3	5 176,2	0.077	6 30	19 settem. 1857	Goldschmidt
53	(49)	Pale	63,7	5 148,1	0,239	3 9	19 settem. 1857	Goldschmidt
54	(50)	Virginia	54,7	4 113,4	0,287	2 48	4 ottobre 1857	Ferguson
55	(51)	Nemausa	48,9	3 233,3	0,172	3 48	22 genn. 1858	Laurent
56	(52)	Europa	64,1	5 166,9	0,101	7 25	4 febbr. 1858	Goldschmidt
57	(53)	Calipso	54,1	4 86,6	0,207	5 7	4 aprile 1858	Luther
58	(54)	Alessandro . . .	56,1	4 172,9	0,197	11 47	10 settem. 1858	Goldschmidt
59	(55)	Pandora	57,0	4 213,4	0,142	7 13	10 settem. 1858	Searle
60	(56)	Milete	53,7	4 69,5	0,193	8 4	27 agosto 1858	Goldschmidt
61	(57)	Mnemosine. . .	65,3	5 222,7	0,105	15 8	22 settem. 1859	Luther
62	(58)	Concordia . . .	55,7	4 154,4	0,040	5 1	24 marzo 1860	Luther
63	(59)	Olimpia	56,1	4 172,6	0,118	8 38	12 settem. 1860	Chacornao
64	(60)	Danae.	62,1	5 75,2	0,168	18 17	19 settem. 1860	Goldschmidt
65	(61)	Eco	49,4	3 256,5	0.185	3 34	14 settem. 1860	Ferguson
66	(62)	Erato	64,7	5 197,0	0,172	2 12	14 settem. 1860	Foerst. e Loes.
67	(63)	Ausonia	49,5	3 260,7	0,125	5 47	10 febbr. 1861	de Gasparis
68	(64)	Angelina	55,4	4 139,9	0,125	1 20	4 marzo 1861	Tempel
69	(65)	Cibele	70,9	6 130,5	0,128	3 24	8 marzo 1861	Tempel
70	(66)	Maia	55,0	4 126,8	0,134	3 2	10 aprile 1861	Tuttle
71	(67)	Asia	50,0	3 279,6	0,185	5 59	17 aprile 1861	Pogson
72	(68)	Leto	56,3	4 179,9	0,170	8 10	29 aprile 1861	Luther
73	(69)	Esperia	61,9	5 66,8	0,175	8 28	29 aprile 1861	Schieparelli
74	(70)	Panope	54,3	4 96,1	0,195	11 32	8 maggio 1861	Goldschmidt
75	(71)	Niobe	57,0	4 210,3	0,174	23 18	18 agosto 1861	Luther
76	(72)	Feronia	47,0	3 157,6	0,116	5 26	20 maggio 1861	Peters
77	(73)	Clizia	55,1	4 129,1	0,044	2 25	17 aprile 1862	Tuttle
78	(74)	Galatea	57,4	4 231,9	0,239	3 39	29 agosto 1862	Tempel
79	(75)	N. N.	55,1	4 127,1	0,304	4 59	22 settem. 1862	Peters
80	(76)	Freia	67,0	5 255,0	—	— —	21 ottobre 1862	d'Arrest
81	(77)	N. N.	—	— —	—	— —	12 novem. 1862	Peters
82	(78)	Diana	54,3	4 5,3	0,208	8 39	15 marzo 1863	Luther
		Pianeti esterni						
83	—	Giove	107,5	11 314,8	0.048	1 19		
84	—	Saturno.	197,0	29 167,0	0,056	2 30		
85	—	Urano	396,5	84 5,8	0,047	0 46	13 marzo 1781	Herschel
86	—	Nettuno	620,7	164 255,0	0,008	1 47	23 settem. 1846	Lev. e Galle

76. — I due ultimi pianeti *Mercurio* e *Venere* offrono alcuni fenomeni che ci ricordano quei della Luna; perciocchè essi si muovono fra il Sole e l'orbita terrestre, ed entrano a certi tempi in doppia congiunzione colla Terra, cioè una *inferiore*, quando il pianeta si trova fra la Terra ed il Sole ed una *superiore*, quando dalla parte opposta del Sole esso si trova in retta linea colla Terra. Nella prima, che spesso si avvera rispetto a Mercurio, a cagione della sua breve rivoluzione, di quando in quando ci si porge occasione di vedere il pianeta simile ad una macchia oscura scorrente davanti al disco solare, e questo così detto *passaggio di Mercurio* valse a porre fuor d'ogni dubbio il fatto che i pianeti ricevono la loro luce dal Sole.

Si osservano oltrecciò col telescopio in questi pianeti, a seconda della loro posizione riguardo al Sole, diverse forme mutabili, certe fasi simili a quelle della Luna, e Venere specialmente dopo esser rimasta invisibile per molti giorni, ricompare come un disco splendente nella pienezza delle sue dimensioni, e per la sua prossimità al Sole, assume l'aspetto di brillantissima stella. In conseguenza di questa prossimità, essa si mostra sempre al nostro sguardo al levare o al tramontare del Sole ed ebbe perciò a buon diritto il nome di *Lucifero* o *Stella del mattino*, e quello di *Espero* o *Stella della sera*. Si credette inoltre di aver trovato manifesti indizii in questi pianeti dell'esistenza d'un'atmosfera, come pure di una superficie alternata da montagne, ed avvallamenti che rappresentano i mari, e si scoperse che ciascuno di essi eseguisce una rotazione intorno ad un asse collocato sul piano della sua orbita.

77. — I pianeti superiori percorrendo il loro giro simultaneamente intorno al Sole ed all'orbita della Terra, possono trovarsi con quest'ultima in posizione di congiunzione, di opposizione e di quadratura (§ 65). Marte, il meno lontano tra loro è quello la cui orbita offre la più grande eccentricità. Se la superficie della Luna presenta molta analogia con alcune condizioni geologiche del nostro globo, quella di Marte invece non ci mostra che somiglianza di condizioni meteorologiche. Essa è di una tinta rossa tutta propria che può ragionevolmente attribuirsi ad una alta e densa atmosfera che lo avviluppi. È notabile inoltre lo *schiacciamento* del pianeta, conseguenza della rotazione intorno al proprio asse, come pure l'apparenza di certi tratti più lucidi, detti *zone nevose* a' suoi poli, i quali si vedono decrescere allorchè il polo è rivolto al Sole, analogamente a quel che accade del ghiaccio

polare della nostra Terra. Un tal fenomeno, unico in tutto il sistema planetario, fa supporre l'esistenza di grandi ammassi di neve che si accumulano o si liquefanno secondo i cangiamenti di stagione.

Giove distinto per la sua splendida luce, è (come può rilevarsi dalle fig. 42 e 64) il più voluminoso dei pianeti, e si direbbe l'elemento più importante di tutto il sistema solare. Esso è molto probabilmente dotato d'una propria atmosfera, entro la quale vorticose nubi si aggirano continuamente, se dobbiamo credere che le macchie oscure che vedonsi sulla sua superficie mutar di sito con grandi velocità, non appartengano al corpo stesso del pianeta. Oltre a queste macchie nella regione equatoriale di Giove notansi due larghe fascie o cinture di color grigio o giallastro, che verso i margini diventan più pallide, e scompaiono poi compiutamente, separate tra di loro da una striscia luminosa e brillante. Questi diversi aspetti spiegansi facilmente ove si ammetta l'esistenza d'un'atmosfera oscurata in parte da strati di nubi, e che mantiensi e trasparente e scevra da vapori all'equatore. Attesa la grandissima rapidità di quasi 10 ore con cui si compie la rotazione di Giove sul proprio asse verticale, esso ha un più sensibile schiacciamento ai poli (V. *Fisica*, § 68), perchè ivi il suo diametro è in paragone a quello dell'equatore come 13 a 14.

Invece d'una sola Luna, come la Terra, Giove possiede quattro *satelliti*, produttori per lui degli stessi fenomeni che a noi cagiona la Luna, ma sebbene più grandi di questa, non possono da noi esser veduti che col telescopio. Il primo loro scopritore fu Galileo che li denominò *Astri medicei*, e divennero di somma importanza per la circostanza ch'essi somministrarono il mezzo di calcolare la velocità della luce. Imperciocchè mentre questi satelliti girano attorno Giove, entrano di tempo in tempo nel cono d'ombra proiettato da lui e si eclissano. Or siccome, con tutta l'esattezza possibile si calcolò il preciso momento del loro entrare ed uscire dall'ombra, ebbesi a riconoscere che nel tempo della congiunzione, cioè quando Terra e Giove sono separati da 42 milioni di miglia tedesche (310 mill. di chilometri), codeste eclissi si manifestano un po' più tardi di quel che avviene quando essi si trovano in opposizione, quando cioè i due pianeti sono di molto più vicini. Gli ultimi raggi d'un satellite che scompare nell'ombra giungono a noi soltanto dopo che questo è già da qualche istante oscurato, e quindi è d'uopo conchiudere che la luce impiega un certo tempo per riprendere il suo cammino. Fatti gli opportuni computi questo

tempo fu trovato di un secondo per ogni 310,000 chilometri, ossia 42,000 miglia tedesche.

78. — *Saturno* nella serie de' pianeti è veramente unico per la singolarità d'esser circondato da un anello parallelo al suo equatore, entro cui giace libero, e che si muove in giro intorno al pianeta, visibile soltanto coll'occhio armato, e diversamente per noi situato, secondo la si osservi nel segno dell'Ariete, o in quello del Cancro.

Codesto anello, che bene esaminato apparisce doppio, è come tutta l'altra massa del pianeta un corpo solido, che getta un ombra manifesta sul medesimo. Si potrebbe immaginare quasi un aggregato di gran numero di satelliti l'uno accanto all'altro, e di piccola mole che contemporaneamente girassero intorno al pianeta. Tuttavia, secondo recenti osservazioni di due astronomi americani Bond e Peirce, non è senza probabilità l'opinione che la massa dell'anello stesso abbia costituzione fluida anzichè solida, il che spiegherebbe le continue variazioni già notate da altri nella sua forma e nel numero di zone in cui si mostra diviso. Oltrecciò Saturno ha *sette* distinti satelliti o lune, muoventisi intorno a lui a grande distanza, non visibili perciò che coll'aiuto del telescopio. Secondo il citato Peirce sarebbe specialmente dovuto alla posizione di codesti satelliti, e all'influenza loro la conservazione in equilibrio dell'anello saturnio, malgrado le sue ineguaglianze.

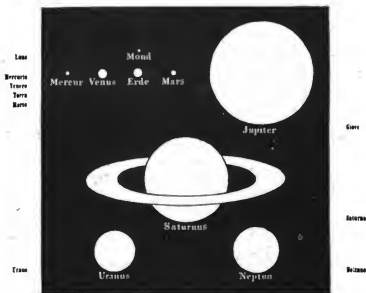
79. *Urano* era ancora poch'anni fa il più remoto del sistema, non percettibile ad occhio nudo per la debole e poco brillante sua luce, che lo aveva tenuto celato affatto agli antichi. Egli è circondato da sei satelliti, di cui soltanto due sono stati esattamente osservati.

Degli altri pianeti ultimamente scoperti parleremo di poi.

Avendo noi nella fig. 42 dato un tal quale prospetto comparativo della grandezza del corpo del Sole, e di alcuni pianeti, termineremo questo capitolo colla fig. 64 che servirà a porci in qualche modo sott'occhio il relativo volume dei pianeti precipui.

80. Sistema planetario. — Presso gli antichi, come nota Humboldt nel *Cosmos*, la conoscenza della natura, era tratta piuttosto dalle profondità dell'intelligenza e dalla contemplazione dei fatti interni che dalla percezione dei fenomeni esterni. Il simbolismo matematico di Pitagora e de' suoi discepoli era piuttosto inteso a scoprir le leggi del numero e dell'armonia nell'universo che a tener conto dei fatti. Tuttavia di mezzo alle continue oscil-

lazioni tra la verità e l'errore, quella scuola travide assai più di quanto non iscoprissero altre più famose e più note. Se Platone e Aristotile rappresentavan la Terra siccome centro immobile dell'universo, Pitagora, senza aver nozione della rotazione di essa,

Fig. 64.

insegnava che la Terra descrive un moto circolare intorno ad un incognito *foco centrale del mondo* (*Hestia*). Iceta di Siracusa, Eraclide di Ponto, ed Ecfanto conobbero pure la rotazione terrestre, che fu dimostrata e combinata coll'annuo giro intorno al Sole da Aristarco di Samo, e da Seleuco di Babilonia. Le idee però di que'sommi non trovarono eco, e la verità da lor proclamata non ebbe seguaci che dopo molti secoli, durante i quali regnarono le più assurde ipotesi. Tolomeo che a metà del secondo secolo dopo G. C. viveva in Alessandria, e appartiene a quella celebre scuola, tentò per primo una spiegazione adequata ai fenomeni del cielo, perchè l'antichità non aveva risposto che con miti ai problemi che la naturale curiosità avea sollevato, e a cui più

che le scienze, la poesia e la fantasia eransi occupate di dare una risposta.

Secondo il sistema di Tolomeo la Terra stava ferma nel centro di 11 sfere cave a distanza diversa fra loro, e in progressione di grandezze sempre maggiori. In ognuna di codeste sfere cave che furono anche immaginate composte di una massa cristallina solida, egli collocò i corpi celesti, cioè nella più prossima la Luna, nelle successive Mercurio, Venere, il Sole, Marte, Giove e Saturno, nella ottava tutte le stelle fisse, e si giovò delle tre ultime alla spiegazione di alcuni altri fenomeni.

È troppo manifesta la contraddizione di questo sistema con molti altri fenomeni perchè possa essere accettato; e siccome ciò non tardò ad esser rilevato dai dotti, così come a miglioramento, ebbesi ricorso al così detto sistema planetario egiziano, secondo il quale Mercurio e Venere si consideravan satelliti del Sole, mentre questo manteneva il suo giro intorno alla Terra. Ciò non di meno anche in cosiffatto ordinamento restavano senza spiegazione molte cose importanti, e specialmente le singolari orbite dei pianeti citate al § 74; la causa delle quali era misteriosa e perfettamente incognita, cosicchè per farsene ragione s'immaginarono combinazioni quasi miracolose e mille fantastiche sottigliezze.

Soltanto a metà del secolo 16° Copernico (nato in Thorn nel 1473, morto il 1543) concepì la felice e grande idea del vero sistema planetario, idea che quantunque quasi cent'anni prima fosse stata propugnata con grande ardimento dal cardinale Nicolò di Cusa, egli solo seppe render fruttuosa e durevole mediante calcoli ed osservazioni, nelle quali consumò la settuagenaria sua vita. Per lui venne apertamente dimostrato essere il Sole il vero centro intorno a cui i pianeti si aggiravano con un certo ordine e che il movimento giornaliero degli astri intorno alla Terra, non era che apparente, e conseguenza della rotazione della nostra stessa Terra.

Quanto difficile, e non senza pericolo fosse la divulgazione di codeste nuove dottrine a quei tempi, ce ne dà fede la storia dell'immortale Galileo; il quale accettando il sistema di Copernico e fruttificandolo co' suoi sublimi trovati, si vide costretto a disdire publicamente il moto terrestre, perchè tutto il sistema si ritenea in contraddizione letterale con alcuni passi della Scrittura, nella quale i sacri autori, adoperando il linguaggio comune, non aveano inteso per fermo mai di farsi maestri di astronomia.

81. — Copernico avea immaginato le orbite planetarie come altrettanti circoli eccentrici de' quali il Sole occupasse un sito al-

quanto distante dal centro. Ciò era necessario per render ragione di certe velocità diverse, e di certi non eguali allontanamenti dal Sole. Pure anche dopo tutto questo i movimenti e le teoriche non poteano ancora mettersi perfettamente d'accordo.

Surse allora il *Keplero* (nato in Weil nel Vürtemberg nel 1571) il quale mettendo a profitto tutte le cose conosciute fino a'suoi giorni e le eccellenti osservazioni del suo contemporaneo *Ticho-Brahe*, sviluppò quelle leggi imperiture che resero tanto illustre il suo nome. Nulla è più interessante della vita di questo grande che vincer seppe gli stenti con indomita fermezza di spirito, e che sbattuto dalle vicende della guerra dei trent'anni da un luogo all'altro, non portò mai seco altra cosa che le sue idee sublimi.

Le leggi di Keplero sono le seguenti:

82. — 1° Le orbite dei pianeti sono *elissi* che hanno un foco comune, in cui trovasi il Sole.

2° Ogni pianeta descrive in egual tempo eguali spazii di superficie, lo che vuol dire, che i *raggi vettori* tirati dai fochi dell'elisse verso il pianeta (§ 13) percorrono costantemente una superficie d'eguale estensione durante lo stesso tratto di tempo in cui il pianeta si muove, essendo indifferente quale sia la porzione di orbita ch'egli infrattanto descrive.

3° I quadrati dei tempi di rotazione di due pianeti si comportano fra loro come le radici delle lontananze medie dei due pianeti dal Sole.

L'ultima pietra a coronar l'edifizio del sistema planetario fu posta dal sommo Newton (nato nel 1642, morto nel 1727). Da lui venne il concetto, che una causa principalissima del moto dei corpi celesti fosse la vicendevole loro attrazione, cui egli nominò gravità o gravitazione. Dimostrò parimenti che la grandezza di questa forza cresce in ragione della massa di un corpo, e diminuisce secondo il quadrato delle distanze (*Fisica* §§ 14 e 15).

Quindi rimase spiegato, come tutti i pianeti, le cui masse totali non raggiungono quella del Sole, siano vincolati a questo nel modo stesso che la Luna è alla Terra, e i satelliti a Giove e a Saturno.

83. — Poste così le leggi generali, si giunse tosto a correggere certe mancanze che si rivelavano tuttavia nel sistema planetario. Perciocchè appena si presentava alcun fenomeno in disaccordo con queste leggi, si venne a conoscere con nuove osservazioni che le antiche erano difettose od erronee, ovvero si agevolò la via a scoperte le quali confermavano quelle leggi.

Quindi la grande lacuna compresa fra Marte e Giove condusse

all'idea che fra questi due pianeti dovesse esistere un terzo ancora ignoto, e stando a questa supposizione, vennero poi scoperti infatto i piccoli pianeti Pallade, Giunone, Cerere e Vesta, i quali si ritengon da molti come frazioni d'un pianeta maggiore. Sono però tuttora non abbastanza precise le cognizioni che abbiamo di codesti piccoli corpi celesti scoperti in questi ultimi tempi, al quali, come abbiam detto, fu dato il nome generale di *asteroidi*.

Egli è evidente, che i pianeti esercitano anche fra di loro una attrazione, la quale nella posizione in cui si trovano più vicini l'un l'altro, si rende maggiormente sensibile. Di qui procedono le irregolarità del loro corso che furono dette *aberrazioni*, le quali furono pure assoggettate a rigoroso calcolo.

Dalle aberrazioni notate in *Urano*, che non poteano altrimenti venire spiegate, si venne alla acuta induzione della necessaria presenza d'un più lontano pianeta, e del sito che avrebbe dovuto occupare; se ne fecero i calcoli, e si scoperse teoreticamente il nuovo corpo celeste. Alla teoria venne in conferma tra breve il fatto. *Nettuno*, il quale colla debole sua luce troppo poco differisce da una remotissima stella fissa, per poterlo distinguere come un pianeta col semplice sguardo attraverso d'un telescopio, fu il più bel trionfo della scienza. Il merito ne appartiene principalmente alle profonde combinazioni e alle assidue investigazioni di Leverrier. La prima osservazione sul nuovo pianeta fu fatta da Galle nel settembre del 1846.

Mentre tra i pianeti superiori la distanza di Saturno dal Sole è quasi doppia di quella di Giove, e quella di Urano più che doppia di quella di Saturno, poco manca che la distanza di Nettuno dal Sole sia doppia di quella d'Urano. Per tal modo il limite del sistema solare conosciuto è posto a 460 milioni di miriametri dal corpo centrale, vale a dire più di 10, 8 volte la distanza della Terra dal Sole. Nel 1847 Lassell scoperse un primo satellite di Nettuno, e tre anni dopo un secondo, ma sinora non fu confermata che l'esistenza del primo.

Ai nomi dei sovra lodati osservatori degli scorsi tempi, che pur ci furono larghi di molti ed importanti trovati intorno al sistema planetario, aggiungiamo qui alcuno di altri più recenti che specialmente contribuirono ai progressi di questo ramo di scienza.

Fra i primi segnaleremo Herschel, nato nel 1738 in Hannover, e morto nel 1822. Egli che nel 1759 era andato come musicante in Inghilterra, si dedicò poscia alla astronomia, e per mancanza di mezzi pecuniarii necessarii a provvedersi di grandi strumenti,

fu costretto a valersi dapprincipio di telescopi di riflessione imperfetti, di cui cercò migliorar la costruzione. Riuscì finalmente a forza di perseveranti cure ad ottenerne uno di quaranta piedi, detto telescopio gigante, la cui potenza superò quella di tutti gli altri fino allora conosciuti. Da per tutto, dove Herschel indirizzò lo sguardo nel cielo, si dischiusero nuove e sconosciute meraviglie, che lo fecero considerare come il vero fondatore della dottrina risguardante le stelle fisse. Il suo telescopio gigante delineato al fine del presente trattato non è più usato ai dì nostri, ma fu conservato come un monumento da *Sir John Herschel* suo figlio, non meno illustre astronomo del padre.

J. W. Bessel, nato a Minden nel 1784 contribuì alla edificazione dell'osservatorio di Königsberg delineato sul principio di questo trattato astronomico. Morì in quella città nel 1846. Dotato di spirito acuto d'osservazione, associato ad una rara conoscenza delle teorie matematiche, applicò queste in una maniera da prima non conosciuta, per condurre le esattissime sue osservazioni a risultati, che di gran lunga superano in precisione gli anteriori, ond'egli sarà in ogni tempo tenuto a modello da tutti gli astronomi. Per avere un saggio delle sue produzioni basta guardare le risultanze da noi esposte al § 46, sulla parallasse delle stelle fisse.

Per la cognizione de' pianeti si meritò distinta lode anche Gauss, morto in Gottinga nel 1855, relativamente al metodo trovato da lui d'un calcolo sicuro delle loro orbite. Il qual calcolo è divenuto facile e positivo nella sua esattezza soltanto dopo che furono scoperti tanti piccoli pianeti in questi ultimi tempi, da non poterli più fra loro confondere. Nella stessa guisa siamo debitori ad Olbers (morto a Brema nel 1840) del miglior metodo di determinazione dell'orbita delle comete.

L'Italia, che fin da secoli anteriori poteva in fatto di dottrine astronomiche gloriarsi dei nomi di Maurolico, di Fracastoro, e sovratutti di Galileo, vero precursore della scienza moderna, ebbe nuovo lustro dai lavori del sommo torinese Lagrangia, il quale rischiarò mirabilmente la teoria matematica delle ineguaglianze di Giove e di Saturno; da quelli sulla Luna del Plana; dalle tavole di Urano pubblicate da Oriani; dalla scoperta fatta da Piazzi del pianeta Cerere, precursore degli altri asteroidi, e finalmente dalle accurate osservazioni e ricerche di molti nostri illustri contemporanei, quali il Capocci, il Santini, il Degasparis, lo Schiapparelli, il Secchi, il Donati e tanti altri.

84. Le comete. — Di quando in quando la notte, nel cielo veggonsi apparir certi ammassi di luce, i quali oltre ad un *nucleo* splendente, che nella forma si rassomiglia ad una stella, generalmente dalla parte che è opposta al Sole, presentano una traccia

Fig. 65.

di vapor luminoso, che ebbe il nome di *chioma* o di *coda* prolungantesi per milioni di miglia sopra un ragguardevole tratto del firmamento (fig. 65).

Sono questi le *comete*, cui la inaspettata apparizione, come pure la singolarità della forma ha fatte considerare da gran tempo quali segni soprannaturali e forieri di grandi avvenimenti, ed in ispecie come oggetti di terrore e di disgrazia. Non sono molti anni dacchè la comparsa d'una di esse nel cielo destava ancora generale spavento negli animi della moltitudine.

Ma dacchè gli astronomi ebbero acquistato una nozione meglio conforme a verità di codesti visitatori irregolari, poterono questi pure esser classificati negli ordinamenti e nelle leggi che regolano il moto de' corpi celesti.

85. — Le comete mostransi sempre costituite d'una massa

di materia di così poca densità, che perfino nella più densa loro parte, che è il nucleo, lasciano libero passaggio alla luce degli astri più lontani. Senza dubbio nel loro eccentrico viaggio seguono l'attrazione del Sole, e quando ad esso son più vicine, accelerano il loro corso, e spandono luce più viva.

La loro orbita è del pari apparentemente irregolare, come quella dei pianeti superiori, ma in grado assai maggiore e colla differenza, che le comete si muovono non soltanto sul piano della

Fig. 66.

Komet von 1811.

eclittica, ma in tutte le possibili direzioni dello spazio celeste or verso il sole, or dilungandosi sterminatamente da lui. Epperciò una cometa non è visibile che per alcuni giorni o tutt'al più alcune settimane, ma quasi mai per un tempo più lungo. La gran cometa del 1811 (fig. 66) però si è potuto vedere per un anno intero.

Una più esatta osservazione ci ha appreso, che le orbite delle comete, come quelle dei pianeti, sono elittiche, ma d'una eccentricità così grande, e quindi sì fattamente prolungate, che la durata delle loro rivoluzioni si calcola presso a poco, pel maggior numero, a 1000 anni; tale essendo per lo meno il periodo accertato delle più singolari e distinte, come furono quelle del 1680, e del 1811 ecc., le quali ritorneranno soltanto dopo 1500 fino ad 8000 anni.

Altre poche per converso ricompaiono di nuovo dopo brevi intervalli, secondo che hanno calcolato Halley, Enke, e Biela con molta precisione. Quella che ha nome dal primo, secondo i computi di lui dovrebbe ritornare dopo 75-76 anni, quella del secondo dopo 3 anni e 115 giorni, quella del terzo dopo 6 anni e 270 giorni, sebbene in questo frattempo l'abbiano veduta di nuovo.

Per quanto arrivano le storiche memorie, sovratutto dei Cinesi, diligenti registratori dei fenomeni celesti, il numero delle comete apparse finora supera 500 ma non tutte furono esattamente osservate e distinte. Dietro la recente enumerazione di Galle il numero delle comete determinate era 178 nel 1847, ma oggigiorno tanta è la cura e l'assiduità con cui gli astronomi esplorano il firmamento, che ogni anno questa cifra viene crescendo. Si ammette quindi che il numero delle comete moventisi nel nostro sistema solare giunga a parecchie migliaia; e siccome esse ci si offrono in ogni direzione, dobbiamo considerare il dominio del Sole non già come un piano circolare nel cui mezzo egli si trovi, e intorno al quale si aggirino i pianeti, ma sì bene come uno spazio sferico, del quale il Sole occupa il centro. Volendo artificialmente raffigurarcelo, dovremmo far ciò mediante curve di diverso diametro inclinate l'una sull'altra in tutte le possibili direzioni, in giro intorno ad un centro. Le curve più esterne dovrebbero avere un diametro non minore di 400 diametri dell'orbita terrestre, che vuol dire 16,000 milioni di miglia tedesche, cioè circa 350,000 millioni di chilom.

86. Stelle cadenti - Areoliti - Meteoriti. — Fra i corpi che si muovono intorno al Sole, liberi come i pianeti, sono anche da annoverare le così dette *Stelle cadenti*, e gli *Areoliti*. Le prime sono sì spesso visibili che ad ogni notte chiara e senza Luna si può sempre aver occasione di osservarne alcuna. Non sarebbe perciò mestieri parlarne, come di cosa volgarmente conosciuta, ove non fosse che talvolta sulla superficie terrestre dal di fuori cadono alcuni di codesti corpi di speciale composizione, che sono stati appellati *pietre meteoriche*, ed areoliti.

Tanto queste pietre come le stelle cadenti sono accompagnati da analoghi fenomeni, cioè si mostrano sotto forma di una improvvisa accensione di una striscia, che colla rapidità del baleno scomparisce. Osservazioni più diligenti dimostrarono che il loro movimento è così celere da superare quello della Terra intorno al Sole, e che la loro altezza dalla superficie terrestre giunge a 150-220 chilom. e più.

Si è inoltre rilevata la singolare circostanza che a certe epoche dell'anno, cioè dal 10 agosto al 20 novembre, le stelle cadenti si manifestano con maggiore frequenza, e sembrano procedere sempre da un determinato punto del cielo con una direzione determinata. Da ciò si è dedotto che questi corpi occupino una zona circolare che taglia due volte la Terra nel suo corso annuale. È tuttavia difficile il render ragione del come siffatti corpi possano infiammarsi a tanta altezza ove l'atmosfera è pur così assottigliata.

I bolidi non sono in ultima analisi che stelle cadenti dotate d'un maggiore sviluppo di luce.

87. Sistema mondiale. — Essendo oggimai posto fuori di dubbio il moto rotatorio del Sole intorno al suo asse, era naturale che si cercasse s'egli abbia inoltre un movimento di progressione. Le osservazioni fatte in proposito hanno dato consistenza a tale supposto, ed è una opinione generalmente ammessa che il Sole si muove realmente verso un punto della costellazione di *Ercole*. La orbita ch'egli percorre è tuttavia così prodigiosamente vasta, che il suo avanzare può rendersi avvertibile appena dopo una lunga serie di anni, tanto più, che tutti i corpi compresi nel sistema solare naturalmente e necessariamente lo accompagnano in questo suo viaggio.

Sembra quindi che esista un remoto centro intorno al quale s'aggiri il Sole con tutto il suo corteo di pianeti al modo stesso che fa Giove co' suoi satelliti intorno al Sole medesimo.

Successive osservazioni sul mondo delle stelle fisse persuasero gli astronomi essere questo costituito da un prodigioso numero di sistemi, parte analoghi al solare, parte composti di due stelle soltanto poste fra loro a distanza che relativamente non è molto considerabile, aggirantisi intorno ad un centro comune di gravità, e perciò dette *stelle doppie*, delle quali finora si sono scoperte da ben 4000.

Fig. 67.

John Herschel sulla immensità dell'universo esprime il seguente concetto:

Il sistema solare non è che porzione d'un sistema di più alto grado il quale nel suo tutto ha una forma lenticolare (fig. 67). Noi stessi ci troviamo quanto basta nel mezzo di questo spazio celeste occupato dal sistema solare, nella posizione del piccolo

circolo che lo rappresenta. Evidentemente il cielo deve apparire all'occhio meno seminato di stelle, quando guardiamo la volta superiore od inferiore di questo spazio stellato, di quanto ci parrebbe guardando nella direzione *mm'* verso il suo lembo. In questo ultimo caso l'occhio si spinge a traverso uno strato più profondo di stelle, a tale che esse ci vengono rappresentate in forma d'una striscia brillante, che ne circonda tutto all'ingiro mostrandosi a noi in quell'aspetto che ha la *Via lattea* (§ 47). Non vuolsi però tacere, che per quantunque ingegnosa questa maniera di ravvisare l'ordinamento del nostro sistema solare è sempre un ipotesi tutt'altro che incontrovertibile.

88. — Ma nel nostro spazio stellato si scorgono altresì molte trasparenti *macchie nebulose*, che a guisa di punti chiari nel firmamento, col mezzo di telescopii potenti si risolvono in agglomeramenti di stelle formicolanti, come appare nella figura 68, che ritrae la nebulosa della costellazione di *Ercole*, ciocchè nelle

Fig. 68.

Fig. 69.

altre non è possibile, sia che esse vogliansi considerar altrettante Vie lattee, o semplici spazii stellati. Quelle macchie rotonde non risolvibili che si vedono nella fig. 69 sono gruppi di stelle poste ad infinita distanza del mondo astronomico, ovvero costituite da una materia vaporosa simile a quella delle comete, dalla cui condensazione si vadan poi formando nuovi corpi mondiali?

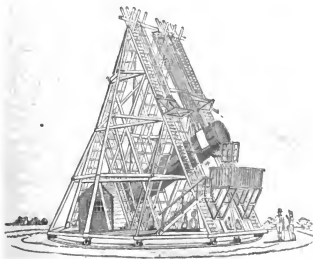
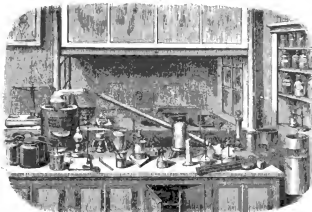
Se riflettiamo che le stelle fisse più prossime sono da noi disgiunte per lo meno da 200,000 raggi dell'orbita terrestre, distanza che la luce non percorre in meno di 3 anni, si deve ammettere, che questa abbisognerebbe almeno di 25,000 anni per giungere al nostro occhio dalle più lontane nebulose, locchè porterebbe ad una lontananza di 33,000 bilioni di miglia geografiche tedesche!

Così dalla quasi impercettibile vedetta della nostra Terra, in cui una mano onnipotente ci ha collocati, noi siamo saliti con occhio ardimentoso fino alla cognizione del sistema solare, lo abbiamo classificato fra i sistemi d'un ordine superiore, e fummo costretti a confessare ch'esso non è che la minima parte d'un tutto immensamente grande. Già ci troviamo sui confini del concepibile, e di ciò che può essere accolto dalla nostra immaginativa. Essa si smarrisce in tanta grandezza, e non potendo in verun modo abbracciar il complesso di tanti mondi, torna in più accessibile spazio, e domanda:

89. I pianeti son essi abitati? — Per quello che abbiamo accennato, parlando delle pretese scoperte degli abitatori della Luna, è chiaro che il miglior telescopio a nulla può giovarci per recar luce su questa questione. Nondimeno quantunque ci manchi questo sussidio diretto, raggruppando insieme tutti i fenomeni che si riferiscono alla posizione dei pianeti, ai lor movimenti, al loro carattere fisico, si ha una tal serie di analogie che permette dedurne qualche ragionevole conghiettura. Tutto ci porta a considerare la Terra come uno degli elementi che compongono il sistema solare, e quindi appartenente alla medesima classe degli altri pianeti. Quando si consideri che l'influenza della luce e del calore su di un pianeta non dipende unicamente dalla sua maggiore o minor distanza dal Sole, ma dalla densità dell'aria che circonda gli oggetti, si può facilmente ammettere che le densità delle atmosfere planetarie siano state così ordinate, che i pianeti più vicini al Sole non vadano soggetti a temperatura più alta dei più lontani, e che possano con questo semplice mezzo essere state dalla provvidenza compensate le lor condizioni. Lo stesso dicasi della luce, la cui influenza può esser diversamente modificata secondo la struttura diversa degli organi visivi, e i diversi bisogni degli esseri organizzati che ne ricevono il beneficio. Parimenti le differenze d'organizzazione e di carattere accordate dal Creatore agli abitanti di ciascun pianeta possono immaginarsi facilmente tali da rispondere alle differenze del peso dei corpi alla superficie del rispettivo globo, e a quelle degli intervalli che segnano le alternative del giorno e della notte. Se l'abitabilità dei pianeti nulla ha in sè di strano, se anzi l'evidente analogia di questi con la Terra la rende probabile, non fa poi mestieri che i viventi loro debbano esser affatto simili a quei della Terra. La mano onnipotente che collocò sulla faccia di questa l'uomo, gli animali che conosciamo, e le piante innumerevoli con tanta profusione, e con

sì acconcie disposizioni riguardo ai climi e a tutte le altre condizioni d'aria, d'acqua, di calore e di luce, non sarà, secondo ogni probabilità, rimasta inoperosa negli altri mondi. Certamente sebbene non sia dimostrabile con precisione scientifica, questa idea è quella che ci si offre come la più naturale, senza che alcuna seria obbiezione valga a distruggerla.

Comunque sia lo studio del cielo è fatto per innalzare la nostra mente alla Divinità, la cui infinita sapienza e potenza spicca per tutto, ma più che altrove, nello spettacolo del firmamento, e ci conduce con Isaia (40, 26) ad esclamare:

« Alzate gli occhi al cielo, e guardate: chi fu colui che ha fatto tutte queste cose?

CHIMICA

INTRODUZIONE

1. — La Chimica è la scienza di quei fenomeni, nei quali ha luogo un *sostanziale cambiamento dei corpi*, donde gli stessi fenomeni hanno origine, o che servono a produrli.

Quando arde un carbone od un pezzo di legno, quando s'arroventa una barra di ferro, questi corpi in quella condizione effettivamente provano un intimo cambiamento tale che perdono del tutto le primitive loro proprietà. Allorchè un oggetto mediante il processo delle chimiche mutazioni che in lui accadono non rimane più il medesimo, subentra in sua vece un altro corpo che ha nuove proprietà, e nel quale il primo si direbbe essersi trasformato. Questo è un effetto importante ed evidente di tutti i processi chimici. La ruggine che prende il posto del ferro metallico è essenzialmente diversa dal ferro medesimo.

Ma noi potremo riconoscere i cangiamenti sofferti da un corpo tanto più facilmente e rettamente, quanto più esatte saranno le conoscenze nostre delle sue proprietà. La chimica perciò considera anzi tutto le sostanze, non che le intime mutazioni che in

quelle si compiono poscia i corpi che da esse traggono origine colle nuove loro proprietà, e finalmente cerca di scoprire le leggi che governano la manifestazione di codesti speciali fenomeni.

2. — L'esame che il chimico fa di un corpo è diverso pel suo scopo da quello che viene istituito dal naturalista o dal fisico. Se il primo rivolge la sua attenzione ad un minerale, ad una pianta, ad un animale, considera la cristallizzazione, la maniera di svilupparsi e di esistere; il secondo invece la forma, la durezza, la densità ed altri somiglianti proprietà di quei corpi.

Il chimico per converso si attiene unicamente alla materia — Di che natura è dessa? — Quali sono le sue proprietà? — Come opera l'una sulle altre sostanze, o viceversa, in qual modo queste agiscono sopra di lei? — Tali sono i quesiti che essa si propone da sciogliere.

In parte il chimico concorda col fisico, in quanto che uno degli intendimenti del fisico è pure quello di investigar la natura della materia, e di conoscerne le proprietà, come al § 7 della Fisica abbiamo insegnato parlando delle proprietà comuni dei corpi; ma tuttavia nello esame fisico tiensi tutt'altro modo da quello dell'esame chimico. Nel primo si considera la materia per sè e com'è, secondo i suoi caratteri esterni, e si limita l'osservazione allo stato di aggregamento, alla consistenza e densità, al modo di comportarsi d'un corpo verso il calorico, la luce, l'elettricità; tutto il resto rimane inesplorato.

Ora vediamo un po' come si distingue un carattere fisico da uno chimico in un corpo ben noto, quale sarebbe, p. e., lo zolfo.

Le *fisiche proprietà* dello zolfo sono le seguenti; è tenace, cristallino, giallo inodoroso, ha una densità = 2; si fonde a 111° *C* ed a 400° *C* si convertei n un vapore, diviene elettrico sotto lo sfregamento, non è conduttore d'elettricità.

Le *proprietà chimiche* dello zolfo sono quest'altre: è insolubile nell'acqua, nell'alcool, nell'etere, nei grassi ed olii volatili: si scioglie invece nella sostanza solfuro-carbonica. Acceso all'aria arde con fiamma cerulea e dà formazione ad un gas soffocante; coll'idrogeno si unisce e forma un gas fetidissimo cogli alcali dà per prodotto il fegato di zolfo; coi metalli pesanti produce i solfuri metallici insolubili e coloriti in tinte più o meno vivaci ecc.

Da tutta questa descrizione conosceremo a primo tratto come lo zolfo si comporti in quei varii modi, non per se stesso, ma per causa di altre sostanze. In tutti questi casi operano sopra di lui i citati corpi di guisa che lo zolfo stesso scompare (come tale)

dai nostri sensi, per dar luogo ad una serie di combinazioni dotate d'altre facoltà e d'altro nome, in cui per rintracciarlo è uopo appunto che presti il chimico l'arte sua.

3. — Gioverà a quest'uopo un altro esempio per riconoscere meglio la specialità dei fenomeni chimici; e sceglieremo possibilmente alcune sostanze note. Col mezzo del così detto *cannello d'assaggio* (fig. 1) si faccia fondere alla fiamma di una lampada un pezzetto di zolfo, e vi si unisca da poi una goccia di mercurio. Ne succederà una scambievole e vivace azione fra le due sostanze, in conseguenza della quale si comporrà una massa nera. Si riscaldi allora la massa fino ad incandescenza, si vedrà volatilizzarsi ogni cosa e rimanere al di sopra una materia aderente in forma d'anello. Rotto il tubo per raccogliere il nuovo prodotto, si vedrà aver esso acquistato un colore rosso nero, ed uno splendore cristallino, e triturato darà una polvere di un rosso vivace, conosciuta sotto il nome di *cinabro*. Nelle officine in grande si adoperano per questa composizione 16 parti in peso di zolfo, e 100 di mercurio.

Fig. 1.

Che cos'è avvenuto in questo processo? zolfo e mercurio sono scomparsi, si è formato in lor vece un terzo corpo che è il *cinabro*, totalmente diverso nelle sue proprietà da ambedue quelle materie che lo hanno composto; e quindi abbiamo qui un vero fenomeno chimico.

Se domandiamo poi: che cos'è accaduto dello zolfo e del mercurio? Esaminiamo attentamente il *cinabro*, esploriamo la fina sua polvere col microscopio, e ciò nondimeno non vi troveremo indizio alcuno nè dell'una nè dell'altra di quelle due sostanze: sembra che abbiano cessato di esistere per convertirsi in una nuova materia.

Eppure la cosa non è così come appunto dimostrerà la continuazione del chimico esperimento. Si mescoli un pizzico di cinabro estratto colla punta d'un coltello, con altrettanta polvere fina di ferro, e si riscaldi il miscuglio in un tubo d'assaggio; si formerà ben tosto sopra di esso un anello costituito da lucidi e pretti globulini di mercurio. Questo metallo non aveva adunque

cessato di esistere per sè nel cinabro, ma aveva acquistato altre proprietà passaggiere nel mescolarsi allo zolfo. Il quale ultimo altresì non era scomparso, attesochè un altro sperimento, ci persuaderebbe come egli possa ricomparire nella sua integra e naturale essenza da quella massa nera, che riscaldando il miscuglio suddetto rimane al fondo del tubo d'assaggio.

4. Combinazione chimica. — Nei casi in cui (analogamente agli esempi sovra citati) col reciproco contatto e coll'azione scambievole di diverse sostanze producesi un nuovo corpo, si suol dire, che quelle si sono *chimicamente combinate*, ossia che fra loro si è fatta una *combinazione chimica*. Siccome abbiamo altresì veduto che le medesime, malgrado una tale combinazione, non cessano di esistere, così esse allora prendono il nome di componenti chimici. Quindi si dirà il cinabro è una chimica combinazione, i cui componenti sono zolfo e mercurio.

E qui giova notare la esplicita differenza che è fra *combinazione chimica* e *mescolanza* o miscuglio. In quest'ultima si lasciano scorgere potentemente ad occhio nudo, o col semplice aiuto di una lente d'ingrandimento i corpi che la costituiscono. Mescoliamo, p. e., della creta e del carbone, ambidue ridotti a polvere finissima, e uniamo intimamente fra loro le due polveri, l'occhio nudo vi scoprirà tant' e tanto le particelle dell'una soltanto avvicinate a quelle dell'altra: ovvero se metteremo di cosiffatta polvere mista entro dell'acqua, il carbone, per la sua particolar leggerezza resterà a galla, la creta come più pesante andrà a fondo. Perciocchè nelle mescolanze e nelle misture le sostanze mantengono le loro proprietà affatto immutate; epperciò abbiamo modo di facilmente riconoscere misture dei diversi liquidi o gas anche quando all'occhio non appaiono, coll'odorato, col gusto, o per altri segni proprii ai medesimi corpi.

5. Analisi chimica. — Gli sforzi dei chimici di buon'ora furon diretti ad investigare quali elementi fossero contenuti nei diversi materiali che si trovano nel ricco dominio della natura. Quindi i loro processi avevano in mira di scomporre le sostanze medesime nei loro componenti, di separar l'una dall'altra, cosicchè a giusto titolo la loro era stata detta *arte analitica*. Oggidì la serie di operazioni adoperate a questo scopo s'appella *analisi chimica*; la quale vien distinta in *qualitativa*, quando intende soltanto a rilevare di quali elementi un corpo sia composto, e *quantitativa* allorchè vuole riconoscere la quantità di ciascun componente che si trova in una data combinazione.

6. Sostanze semplici. — La chimica analisi ha rivelato che nel massimo numero le sostanze quali s'incontrano in natura sono chimiche combinazioni. Ma si giunse anche a scoprire diversi corpi, dai quali non fu possibile in verun modo ritrarre altra materia distinta. Uno di questi, per darne un esempio, è lo zolfo. Infiniti tentativi furono messi in pratica, e tutti infruttuosamente per cavar da un'oncia di zolfo qualsiasi millesima parte d'un'altra sostanza, e lo stesso avvenne per una serie di altri corpi, che perciò presero il nome di *semplici*, fondamentali, primitivi, od anche di *elementi chimici*.

Ma l'ufficio del chimico non istà soltanto nel decomporre le sostanze composte, non si limita cioè a quello d'un semplice analizzatore: sì bene si estende altresì a combinare sostanze diverse affine di ottener quei nuovi prodotti, che diconsi *preparati chimici*.

Si hanno due vie per riconoscere la natura d'una sostanza; vale a dire, o si cerca di scoprire se sia decomponibile in molte altre ovvero se possa venir composta dall'unione dl altre diverse. L'ultimo di questi processi appellasi *sintesi*.

Dietro a ciò sogliamo dire: *Le sostanze semplici, ossiano gli elementi chimici, sono quelle materie, cui non è possibile decomporre in altre diverse, nè ricomporre con altre diverse sostanze.*

7. — Si conoscono fin ora soltanto 63 sostanze semplici, delle quali alcune di minor importanza, perchè in natura assai di rado e scarsamente reperibili. Perciò ne annunzieremo soltanto il nome, e ci restringeremo nella tavola seguente a significare quelle soltanto che occorrono più frequenti, e sono di uso più generale.

La maggior parte sono lucenti e si dicono *metalli*: quelle che non hanno una proprietà sì fatta son dette *metalloidi*. I metalli posson distinguersi in quelli che hanno molta densità, ed in quelli di densità mediocre.

Ad ogni sostanza semplice si è appropriato un particolar segno chimico formato dalle iniziali del suo nome latino, a cui si unisce un'altra lettera per distinguerle da quelle che hanno le stesse iniziali. Così per ciascheduna si fissò un numero che esprime le proporzioni in peso colle quali si combina con altre semplici. Nella seguente tavola sono designati i nomi degli elementi più importanti.

TAVOLA DELLE SOSTANZE SEMPLICI

I. METALLOIDI			II. METALLI					
			Leggieri			Pesanti		
1. Ossigeno. .	O	8	14. Potassio . .	K	39	21. Ferro. . . .	Fe	28
2 Idrogeno. .	H	1	15. Iodio	Na	23	22. Manganese.	Mn	27
3. Azolo. . . .	N	14	16. Calcio . . .	Ca	20	23. Cromo . . .	Cr	26
4. Zolfo	S	16	17. Bario	Ba	68	24. Cobalto . . .	Co	30
5. Cloro	Cl	35	18. Stronzio . .	Sr	43	25. Nickel . . .	Ni	29
6. Bromo . . .	Br	80	19. Magnesio. .	Mg	12	26. Zinco. . . .	Zn	32
7. Iodio	J	127	20. Alluminio .	Al	13	27. Stagno . . .	St	58
8. Fluorio. . .	Fl	19				28. Piombo . .	Pb	103
9. Fosforo . .	P	31				29. Bismuto . .	Bi	104
10. Arsenico . .	As	75				30. Antimonio .	Sb	120
11. Carbonio . .	C	6				31. Rame. . . .	Cu	31
12. Silicio . . .	Si	21				32. Mercurio . .	Hg	100
13. Boro	B	11				33. Argento . .	Ag	108
						34. Oro.	Au	196
						35. Platino . . .	Pt	99

I nomi delle sostanze semplici più rare sono berillio, cadmio, cerio, cesio, didimio, erbio, iridio, ittrio, lantanio, litio, molibdeno, niobio, osmio, palladio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, tantalo, tellurio, terbio, tallio, torio, titano, urano, vanadio, volframo, zirconio.

I segni chimici notati nella tavola sopra scritta sono di grande utilità, perchè prestansi con molta brevità alla designazione delle combinazioni chimiche. Così, p. e., S indica zolfo, Hg indica mercurio (Hydrargirium), unendo fra loro questi due segni, cioè facendo HgS, si ottiene la espressione della combinazione di quelle due sostanze, cioè quella del cinabro o solfuro di mercurio.

8. Affinità chimica. — La forza che dà facoltà a corpi diversi di combinarsi fra loro chimicamente è denominata *affinità*. Risiede essa in tutti, e consiste in una attrazione reciproca che è la causa delle loro intime combinazioni. Questo vocabolo ha però in chimica una diversa significazione da quella che in botanica e in zoologia. Piante ed animali si considera fra loro affini

tanto maggiormente, quanto più concordano nei loro segni esterni; per l'opposto in chimica notasi che le sostanze più omogenee presentano fra loro il minimo grado di attrazione, mentre l'affinità più energica si sviluppa fra le eterogenee. Di certe piante ed animali suol dirsi: *sono fra loro affini*; in chimica si dice invece le sostanze hanno *affinità reciproca*.

Codesta facoltà mostrasi nei diversi corpi in grado assai differente; ed è cosa ben naturale, perchè se tutti quelli che trovansi sulla superficie della terra la esercitassero in egual grado, essi finirebbero coll'unirsi in una sola massa omogenea, e noi non avremmo varietà di sostanze. L'occasione di osservare questo vario grado d'affinità è assai frequente. Lo stagno a cagion d'esempio riscaldato all'aria, si combina coll'ossigeno di questa; il piombo ed il rame si comportano in modo uguale: ma l'argento e l'oro si possono a talento riscaldare senza che soffrano mutazione di sorta, perchè in essi è minore l'affinità coll'ossigeno.

Ove si metta insieme il cinabro, che è un composto di zolfo e mercurio, colla limatura di ferro, e si riscaldi fortemente il miscuglio, si separa, come dicemmo al § 3, lo zolfo dal mercurio per unirsi col ferro. Ciò equivale al dir che lo zolfo preferisce il ferro al mercurio; quindi si direbbe esistere una *affinità elettiva*, della quale saremo in grado di dar molti esempi in progresso.

9. — Finora però non si conosce la ragione per cui una sostanza abbia affinità maggiore per uno anzichè per altro elemento. Alcuni di questi, come sarebbero l'ossigeno, il cloro, la manifestano fortissima in confronto degli altri, mentre l'azoto, il platino ed altri si mostrano restii o poco proclivi ad ogni chimica combinazione. Ciò che si sa intorno a questo argomento lo si deve unicamente alla esperienza.

Però vuolsi osservare che nei processi chimici le affinità mai non si devono considerare isolate ed esclusivamente attive, ma sì come operanti contemporaneamente con altre forze naturali, quali sono la gravità, l'adesione, la coesione, il calore, la luce, l'elettricità, il magnetismo. Secondo la prevalenza d'una o dell'altra di queste forze cooperanti può il risultamento d'un processo chimico riuscire molto diverso, talchè le leggi che presiedono alle manifestazioni delle chimiche affinità riescono molto limitate: Accenneremo pertanto alle tre sole seguenti:

1° *L'affinità chimica estende la sua azione soltanto a piccola distanza; le sostanze possono perciò solo allora operare chimicamente fra loro, quando si trovino in immediato contatto.*

Un piccolo strato incalcolabile di grasso, di vernice o d'altro, basta perchè il ferro sia guarentito dall'azione dell'ossigeno dell'aria e quindi dalla ruggine.

2º *Le sostanze combinate chimicamente restano in questo stato finchè una causa estranea non vinca la loro affinità chimica.*

Si comprende che, avvenendo siffatto caso, il corpo composto unitamente alle sue proprietà scomparisce, e ricompaiono i suoi componenti colle proprietà loro speciali. Questo processo vien quindi enunziato così: *la combinazione è stata sciolta o distrutta.*

3º *Siccome la combinazione chimica delle sostanze consiste sempre in una intima e scambievole compenetrazione o in uno stretto avvicinamento delle loro parti più minute, così in generale l'effettuazione delle combinazioni viene favorita dall'essere le parti delle sostanze operanti fra loro in istato di mobilità, quindi ridotte liquide od aeriformi.* Di qui l'antico adagio dei chimici: *corpora non agunt nisi fluida.*

Allorchè occorra pertanto porre a contatto immediato due sostanze che debbano operare chimicamente fra loro, una almeno di queste è mestieri sia ridotta in istato liquido od aeriforme o mediante mezzi dissolventi, o coll'aiuto del calorico. Egli è perciò che di questo e dell'acqua si fa largo uso nei processi chimici. Ma in alcuni corpi gasosi sembra che l'opportuna mobilità delle parti sia troppo più oltre trascorsa di quello che sarebbe necessario alla attrazione chimica, la quale cessa perciò allora di prestarsi allo scopo. In questi casi pertanto occorre invece un condensamento, come sarebbe una compressione del gas, per avviare il processo d'affinità e promuoverlo coll'avvicinamento delle parti medesime.

10. — Considerando l'influenza delle altre forze sull'affinità, la troviamo in alcuni chimici processi assai problematica. Sotto l'impero di certe circostanze sono sufficienti anche cause puramente meccaniche, quale sarebbe, p. e., l'agitazione, sebben moderata, per determinare una combinazione chimica, o per distruggerla. Talora basta il semplice tocco d'un certo corpo, *l'azione di contatto*, per dar luogo a fenomeni chimici. Così, p. e., l'*argento fulminante* scoppia per la sola opera d'una leggiera percussione, o d'atrito. L'acquavite messa a contatto con fina polvere di platino si converte in aceto.

Inesplicabile poi riesce specialmente l'azione della luce in certi fatti chimici. Non poche combinazioni che rimangono inalterate quando sono guarentite dalla luce, vengono tosto decomposte col

suo intervento. Lo stesso si avvera in modo, e ancora più singolare per effetto del calore del sole o d'una candela, nonchè pei diversi colori della luce (*Fis.* § 181). Di qui procedono le note meraviglie della fotografia. D'altronde la stessa luce favorisce la formazione di parecchie combinazioni chimiche.

L'efficacia dell'elettricità sovra codeste combinazioni è decisiva o universale per tutte le sostanze. Non v'ha una sola che resista all'azione continuata d'una corrente elettrica. Sembra che ambedue le elettricità, che si sviluppano ai poli degli apparati elettrici disgreghino con irresistibile forza le sostanze fra loro unite. Ma per altra parte l'elettricità diventa anche un mezzo potente per ristabilire le combinazioni, bastando talora comunicare ad un corpo una determinata elettricità per iniziare la sua intima unione con un altro, la quale senz'essa non avrebbe luogo.

Più chiara è l'influenza del calorico nei processi chimici, in quanto che da un lato esso diminuisce la coesione dei corpi, e per tal guisa agevola nel più gran numero di casi la loro unione; dall'altro poi, se è violento e continuato, dilata sempre più i corpi stessi, ne disgrega le molecole, e finisce col disgiungere le sostanze che erano prima unite da reciproca affinità, e distrugge le combinazioni. Un esempio di codesto genere lo abbiamo nel bruciar della calce; un corpo aeriforme, l'acido carbonico contenuto nelle pietre calcaree, sotto l'azione prolungata d'un fuoco assai vivo si dilata e si sprigiona dalla pietra medesima.

11. Equivalenti chimici. — Dopo aver tenuto l'occhio ad una serie di chimiche operazioni sempre colla bilancia alla mano, e con istudiata diligenza, si arriva a scoprir l'esistenza di certe leggi sommamente importanti, che sono il fondamento della chimica.

Scomponendo, p. e., 116 parti in peso di cinabro, otteniamo da queste 100 parti di mercurio e 16 di zolfo. Scomposte 37 parti di cinabro, troveremo 31,8 di mercurio e 5,2 di zolfo; i quali ultimi numeri stanno anch'essi fra loro come 100 : 16. In breve se vorremo esplorare una qualunque massa di cinabro, troverem sempre che il mercurio sta allo zolfo come 100 : 16. Potrebbe avverarsi il caso che si trovasse anche in proporzione differente; ma allora vorrà dire che non s'avrebbe più del cinabro puro tra mani, ma sì alcun poco commisto con qualche materia straniera di color rosso, come sarebbe il minio; converrà quindi indagar qual sia questa sostanza, separarnela, ed allora si rileverà che la composizione del cinabro è sempre quella che fu indicata qui sopra.

Ciò non ci deve recar maraviglia, dopochè al § 3 abbiamo an-

nunziato che nella fabbricazione del cinabro si adoperano sempre 100 parti di mercurio e 16 di zolfo, e che questa è in tale argomento una legge costante.

Ma si chiederà il perchè nel comporre il cinabro si debbano propriamente prendere quelle due sostanze nelle indicate costanti quantità di peso; perchè non si adoperi una dose maggiore di zolfo che è tanto meno costoso del mercurio. La ragione si è che per quanto si aumentasse la quantità del primo, si avrebbe sempre per risultato che 100 parti di mercurio non si approprierebbero mai di più di 16 di zolfo, e tutto il soverchio di questo andrebbe abbruciato e volatilizzato. La stessa cosa avverrebbe ove s'invertissero le proporzioni eccedenti dei due elementi anzidetti.

Dopo ciò siamo in diritto di dare a un tal fatto il carattere di una legge, quindi diremo che mercurio e zolfo si combinano sempre nelle proporzioni inalterabili di 100 con 16 parti in peso, e non altrimenti.

Questa legge riceve però una espressione più generale quando si aggiunga, che tutte le altre sostanze semplici nelle loro combinazioni, seguono la medesima norma, vale a dire si uniscono sempre in proporzioni di peso fisse e costanti. L'acqua, quel corpo tanto noto a tutti, non è essa medesima se non che la combinazione di 8 parti in peso d'*ossigeno*, ed una d'*idrogeno*, nè si troverà mai nell'acqua composizione diversa. La stessa cosa potremo accertare nel sale di cucina, composto di 35 parti di *cloro*, e 23 di *jodio*. Dal che è tratta la legge invariabile:

Le sostanze semplici si combinano sempre fra loro in proporzioni costanti e determinate di peso.

12. — Nel § 3 fu accennato, come riscaldando un miscuglio di cinabro e di limatura di ferro, il primo si decomponga. Tenendo dietro a questo processo, sempre con una bilancia, si ha quanto segue: per decomporre 116 parti di cinabro se ne richiedono 28 di ferro; queste si combinano colle 16 di zolfo, e danno formazione a 44 di solfuro di ferro, intanto che le 100 di mercurio rimangono separate dalla combinazione.

Il meraviglioso in questo fatto si è che in luogo di 100 parti di ferro, per sostituire alle 100 di mercurio, bastano 28 del ferro medesimo che supplisce così ad un peso di materia quasi quadruplo dell'altro. Relativamente alla forza d'attrazione chimica inerente alle 16 parti di zolfo esercitano dunque eguale potere 28 parti di ferro, come 100 di mercurio. Queste due quantità sono per conse-

guenza *equivalenti*. Esaminando lo stesso fatto con altri metalli, ne avremo, che 16 parti di zolfo per entrare in combinazione con essi richiedono proporzioni del pari costanti: che, p. e., il *piombo* abbisogna d'una equivalente proporzione di 103 parti in peso.

Vogliamo porgere anche con altri elementi prove di una siffatta verità; ed a tale scopo ci serviremo dell'*ossigeno* appunto nelle sue combinazioni col piombo, col mercurio e coll'acqua.

	Parti in peso.
Piombo	103
Ossigeno	8
a) Ossido di piombo	111

	Parti in peso.
Mercurio	100
Ossigeno	8
b) Ossido di mercurio	108

	Parti in peso.
Idrogeno	1
Ossigeno	8
c) Acqua	9

Colle opportune operazioni chimiche possono però le tre sostanze suddette, piombo, mercurio ed idrogeno venir separate dall'ossigeno, sostituendovi lo zolfo. Si ottengono allora altre combinazioni composte come segue:

	Parti in peso.
Piombo	103
Zolfo	16
d) Solfuro di piombo	119

	Parti in peso.
Mercurio	100
Zolfo	16
e) Cinabro	116

	Parti in peso.
Idrogeno	1
Zolfo	16
f) Acido solfidrico	17

Qui si presenta il fatto singolare, che piombo, mercurio ed idrogeno si trovano uniti con proporzioni esattamente uguali di zolfo, mentre essi presentano le cifre 103, 100, 1. Comparando la serie delle combinazioni ossigenate *a*, *b*, *c* con queste *d*, *e*, *f*. si noterà soltanto la differenza, che in queste ultime intervengono 16 parti di zolfo, invece delle 8 d'ossigeno. Locchè conduce ad una conclusione applicabile anche alle altre sostanze semplici che cioè 16 parti di zolfo equivalgono a 8 parti d'ossigeno.

Conosciamo adunque dei numeri i quali esattamente esprimono le proporzioni di peso in cui le sostanze semplici si combinano fra di loro, e questi furono detti dai chimici *numeri equivalenti*.

13. — Prendiamo ora una sostanza non accennata nei precedenti paragrafi, il *cloro*; e sia ignoto il suo equivalente. Analizziamo una chimica combinazione del medesimo, quale sarebbe ad esempio il cloruro di mercurio, ed avremo questa proporzione,

	Parti in peso.
Mercurio.	100
Cloro	35
g) Cloruro di mercurio.	135

Paragoniamo ora questa combinazione col cinabro (*c* § 12), e troveremo, che 35 parti in peso di cloro equivalgono a 16 di zolfo. Quindi ci sarà noto in quali proporzioni il cloro si combina colle altre sostanze anzidette, e senza uopo d'analisi si potrà con certezza pronunciare a *priori*, che 35 parti di questa sostanza si combineranno con 103 di piombo, 1 d'idrogeno, 8 d'ossigeno, 16 di zolfo, e l'esperienza ciò confermerà con precisione.

Col moltiplicare siffatte osservazioni su tutte le sostanze semplici si ottennero, frutto d'innumerevoli analisi esattissime, compiute da molti chimici e tutte conformi, gli equivalenti che s'indicarono già nel § 7.

Per poter poi rendere comparabile il valore dei numeri ottenuti da codeste ricerche era necessario fissare come unità l'equivalente di uno degli elementi, e mostrare quante parti in peso degli altri tutti si combinassero con siffata unità. I chimici perciò si accordarono nello sceglier l'idrogeno, e stabilirono che fosse il suo equivalente = 1.

14. — Altra legge della dottrina degli equivalenti è la seguente:

L'equivalente di un corpo composto è uguale alla somma degli equivalenti de' suoi componenti.

Daremo un solo esempio di ciò nel fatto più volte ripetuto al § 12. L'equivalente dell'ossido di piombo è 111 perchè è risultante di 1 equiv. piombo = 103 e di 1 ossigeno = 8. Quello dell'acqua è = 9.

Un corpo composto si può combinare con altro parimente composto, e ciò si effettua allora nelle proporzioni di peso dei loro chimici equivalenti; l'ossido di piombo, p. e., si combina coll'acqua formando un corpo solo, che è l'*ossido di piombo idrato*, composto nel modo seguente.

	Parti in peso.
1 equiv. Ossido di piombo	111
1 » Acqua	9
1 equiv. Ossido di piombo idrato	120

15. — E in considerazione degli equivalenti chimici fu data più larga ed importante significazione anche ai simboli chimici, appunto perchè gli equivalenti ne esprimono il valore. Il segno S non esprime quindi unicamente la sostanza semplice *zolfo*; ma le 16 *parti zolfo;* dovunque si trovi il segno O in un libro di chimica non s'intenderà perciò soltanto l'*ossigeno* ma sì anche 8 *parti in peso* di questo corpo.

16. Applicazione degli equivalenti. — La conoscenza delle proporzioni ponderabili nelle quali gli elementi si combinano fra di loro, oltre la grande importanza che assume nella chimica come scienza, ha un altro valore speciale che riguarda l'arte pratica. Guidato da questa dottrina il chimico sa in quali proporzioni egli debba unire le sostanze semplici per determinare una combinazione; conosce anticipatamente oltreciò quanto debba attendersi di ciascun componente quando effettua la decomposizione d'una combinazione; può in una parola calcolare *a priori* l'esito del suo lavoro. Codesto calcolo si riduce per lui ad una semplice regola del tre, come ne chiariscono gli esempi seguenti:

Problema. — Quanto zolfo si richiede per far del cinabro con 73 chilogrammi di mercurio, e quale quantità del medesimo se ne otterrà?

Soluzione — Sappiamo che 1 equiv. di
Mercurio = 100 si unisce ad 1 equiv. di
Zolfo = 16, per formare 1 equiv. di
Cinabro = 116. Quindi quante volte 73 è minore di 100, d'altrettanto dev'esser minore la quantità di zolfo da impiegare, e perciò il prodotto sarà corrispondentemente minore di 116.

73|100 × 16 = 11,68 di zolfo sarà necessario, e si avranno
73|100 × 116 = 84,68 di cinabro.

Tuttavia allora soltanto si giungerà ad apprezzar pienamente tutto il merito della teorica degli equivalenti, quando si saranno conosciute le sostanze semplici e le loro combinazioni. Vuolsi nondimeno osservare che il prodotto dei grandi lavori chimici, stante alcune imperfezioni inseparabili dai varii processi, e per qualche perdita che ne deriva, non è mai matematicamente pre-

ciso, nè concordante con esattezza rigorosa coi risultamenti calcolati. Ma il chimico avrà tanto meglio compito la sua operazione, quanto più si sarà avvicinato a questi ultimi.

17. La legge dei multipli. — Nel § 11 si è posto come legge che se due sostanze semplici si combinano insieme, ciò ha luogo costantemente in una scambievole, inalterabile e costante proporzione di peso. L'ulteriore studio delle combinazioni chimiche mostrò tuttavia come si diano casi in gran numero nei quali, due elementi si combinano anche in più d'una proporzione. Dai due già più volte accennati elementi zolfo ed ossigeno si ottenne una intiera serie di combinazioni, in cui le dette proporzioni sono sensibilmente diverse, locchè parrebbe in contraddizione colla esposta legge, mentre a chi meglio considera ciò non è se non una conferma ed un argomento per estenderla.

Siamo debitori alle chimiche analisi della cognizione delle composizioni della seguente serie di combinazioni dello zolfo coll'ossigeno. In esse vi è pur sempre una determinata e costante quantità di zolfo, ma non è sempre uguale la proporzione dell'ossigeno, sebbene in ciascuna esso tenga una misura fissa e costante. Venne infatti riscontrata una combinazione, che si chiama *acido sotto solforoso*, composta di un equivalente di zolfo, ed uno di ossigeno.

Nome delle combinazioni chimiche.	*Composizione di esse in parti in peso di*	
	Zolfo	*Ossigeno*
1. Acido sotto-solforoso	16	8
2. Acido solforoso	16	16
3. Acido solforico	16	24

Ognuno comprenderà da ciò il grande divario nella quantità dell'ossigeno che passa tra il primo ed il secondo, e tra questo ed il terzo degli indicati gradi di combinazione; perchè se al primo di questi si aggiunge dell'altro ossigeno, non basterebbe più alle 16 parti di zolfo che venisse il medesimo aumentato a 9, 10, 11, ma conviene portarlo a 16, cioè al doppio della proporzione primitiva: e per passare dal 2° al 3° conviene recarlo al triplo, cioè a 24: le quali quantità sono perciò equivalenti *multipli* dell'equivalente 8.

Da questi e da parecchi fatti analoghi ne venne la legge dei multipli, che si enuncia nei termini seguenti:

Le sostanze semplici si combinano fra loro secondo i loro equivalenti o secondo i multipli di questi.

18. Modi diversi di combinazione. — Se ciascuno dei 63 elementi si combina chimicamente con gli altri, ne deriva una serie numerosa di composti. Ma il numero e la varietà loro è ancora accresciuta dal combinarsi insieme non due soltanto, ma tre, quattro e più sostanze. Si distinguono perciò combinazioni di

due sostanze semplici,	o	*binarie*
tre	»	o *ternarie*
quattro	»	o *quadernarie*
cinque	»	o *quinternarie*

e così via discorrendo, sebbene quelle maggiori di cinque sieno proporzionatamente ben rare.

Le combinazioni prodotte dalla concorrenza di due o più elementi si dicono di *primo ordine*, quelle da due elementi simili di prim'ordine diconsi di *secondo ordine*, assai men numerose si presentano quelle fra composti di quest'ordine, e si dicono allora di *terzo*.

19. Formole chimiche. — Si fa uso con grande profitto di particolari segni per mettere in evidenza le molteplici proporzioni esposte più sopra delle combinazioni chimiche. Per enumerare quelle di *primo ordine*, basta mettere due o più segni l'uno di seguito all'altro, secondo che sono binarie, terziarie, ecc.

Così per esempio:

HgS = Cinabro (§ 15) o Solfuro di mercurio.
HO = Acqua
PbO = Ossido di piombo
HgO = Ossido di mercurio
SH = Acido Solfidrico
HgCl = Cloruro di mercurio
KO = Potassa (*oxydum kali*)
CaO = Calce (*oxydum calcis*).

e così di seguito.

Se una combinazione contiene parecchi equivalenti delle sostanze che la compongono, si colloca a destra del segno dell'ultimo e un po' sotto la linea un numero in carattere più minuto, col quale si indica quanti equivalenti in questa sostanza sono presenti. Così, p. e.

SO = Acido sotto-solforoso = 1 equiv. solfo + 1 equiv. ossigeno
SO_2 = Acido solforoso = 1 » » + 2 » »
SO_3 = Acido solforico = 1 » » + 3 » »

La chimica composizione dello zucchero è espressa colla formula $C_{12}\ H_{11}\ O_{11}$, la quale significa che lo zucchero è composto

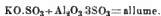
ternario, combinazione di 1° ordine di 12 equivalenti di carbonio, 11 di idrogeno, ed altrettanti d'ossigeno.

Un numero anteposto ad una formula chimica moltiplica tutta la espressione che vien dopo in ciascun de'suoi membri; $3SO_3 = 3$ equivalenti acido solforico, ovvero 3 equivalenti zolfo, e 9 (nove) d'ossigeno.

Le combinazioni di secondo ordine sono espresse coll'interporre un punto fra le combinazioni di primo ordine, dalle quali sono formate, allineandole però l'una presso l'altra.

$PO.HO$	= Combinazione	d'ossido di piombo e d'acqua
$CaO.CO_2$	= »	di calce ed acido carbonico
$KO.SO_3$	= »	di potassa ed acido solforico
$Al_2O_3.3SO_3$	= »	di allumina e 3 equiv. d'acido solforico.

Nell'accoppiamento delle combinazioni di secondo ordine si pone un segno + come mezzo d'unione del terzo ordine, p. e.

$$KO.SO_3 + Al_2O_3\,3SO_3 = \text{allume}.$$

Nel suo vero significato una tal formola ci dice che questo sale notissimo contiene quattro sostanze semplici, cioè che esso è una combinazione *quadernaria;* che i suoi componenti immediati sono l'acido solforico, la potassa e l'allumina; finalmente che i componenti remoti sono il potassio, l'alluminio, lo zolfo e l'ossigeno. La formula ci esprime inoltre esattamente in quali proporzioni di peso si trovino queste sostanze. Facciamci pertanto a contare:

1	Equiv.	potassio	= K		= 39
2	»	alluminio	= 2 Al	= 2×13,7	= 27
4	»	zolfo	= 4 S	= 4×16	= 64
16	»	ossigeno	= 16 O	= 16×8	= 128
1	Equiv.	allume	. . . .		= 262

Di 262 parti in peso d'allume, sono adunque 32 di potassio, 27 d'alluminio, 64 di zolfo, 128 d'ossigeno.

20. Proprietà generali delle combinazioni chimiche. — Dalle cose fin qui dette chiaramente emerge come dalla combinazione di due o più sostanze semplici, dalla concorrenza delle composte, come pure dalle unioni d'ordine superiore in generale, traggano origine differenti associazioni chimiche. Esse presentano, sotto il rispetto delle loro proprietà, infinite differenze, per le quali fra centinaia non se ne trovano due sole che concordino per colore, forma, densità, solubilità, ecc. Ciò non di meno vi sono tre

grandi gruppi, in cui tutte le combinazioni chimiche si possono classificare secondo certi caratteri più conformi e comuni, quali sono il sapore, e il modo di operare sovra certi colori azzurri, verdi, o rossi vegetabili. Perlocchè si sogliono distinguere tutte in acidi, in basi, ed in sostanze neutre od indifferenti.

Acidi diconsi quelle che hanno quel sapore che dicesi acido, e mediante le quali i colori azzurri di certe sostanze vegetabili vengono cangiati in rosso.

Basi quelle che possedono un sapore lisciviale, e mutano altri di que' colori cilestri in verdi.

Gli acidi e le basi hanno grande affinità reciproca, e si combinano facilmente fra loro, dando così origine a' *sali*, specie di prodotti i quali pel mancare della acidità, e de' caratteri delle basi, vengono considerati come *corpi neutri*.

Non tutte però le sostanze, che diconsi acidi e basi, possiedono gli accennati caratteri in egual grado. In alcuni acidi il sapore è portato fino alla causticità, tanto da riuscir velenosi e da agire distruggendo i tessuti sia che si applichino esternamente al corpo, sia che vi vengano introdotti per bocca o per assorbimento. Tali sarebbero l'acido solforico, il nitrico, il cloridrico ed altri. Alcuni per contro hanno sapore gradito, piccante, senza essere per nulla caustici, come sarebbe l'aceto, il succo di limone, ecc.; e per ciò vengono adoperati soventi quali condimenti delle vivande. In altri per ultimo il sapore è appena sensibile, come nell'acido carbonico, ovvero affatto nullo, come nell'acido silicico che è perfettamente insipido.

La medesima cosa può dirsi eziandio delle basi: infatti mentre il potassio ed il sodio agiscono causticamente, ed ancorchè diluiti in molta acqua, lasciano percepire il loro sapore lisciviale assai sensibilmente, la magnesia, l'allumina, l'ossido di ferro e molte altre simili sostanze non offrono al palato alcun sapore. Acidi e basi si presentano insipidi allora soltanto che sono insolubili nell'acqua, essendo essenziale condizione delle sostanze sapide la loro soluzione negli umori della bocca.

Si sogliono perciò distinguere acidi e basi forti e deboli secondo che le indicate proprietà sono più o meno spiccate. Essi nel loro modo di comportarsi sembrano corpi di natura diversa e contraria, i quali, appena entrano in combinazione, mutuamente occultano le rispettive proprietà, e fanno, a dir così, come in una addizione i valori negativi e positivi. Quindi un colore azzurro arrossato da un acido viene richiamato all'azzurro da una base; e

i due corpi non meno si ottundono reciprocamente nelle loro qualità saporose.

Si può valersi del succo cilestro della viola, dell'iride, della robbia, per esplorare le combinazioni acide, basiche o neutre. In generale le tinture preferite sono di curcuma e di tornasole. Però è da avvertire che alcune piante fanno eccezione; non essendo, p. e., il color bleu dell'indaco intaccato nè dagli acidi, nè dalle basi, come non lo è il verde colore delle foglie.

Il chimico in codeste esplorazioni si serve d'ordinario di *carte reagenti* che sono striscie di carte colorate con quei succhi di piante, e dal cambiamento che prova la loro tinta viene a scoprire se un corpo è acido, basico o neutro.

I sali diconsi neutri quando gli acidi e le basi impiegati a comporli si sono neutralizzati fra loro; ed anzi non mostrano veruna ulteriore tendenza a chimiche combinazioni. Ciò non di meno vi è una quantità di composti che hanno uguali proprietà senza pertanto essere veri sali, e perciò si distinguono col nome di *combinazioni chimiche indifferenti.* Tali sono, p. e., l'acqua, lo zucchero e l'alcool.

21. — Dopo queste preliminari nozioni, indispensabili per la intelligenza dei fenomeni chimici, passeremo alle leggi ed alla teorica dei medesimi. Limitiamoci però da prima ad una considerazione destinata a chiudere questa introduzione, ed utile per acquistare un'idea generale della natura e sovratutto della terra e delle sue ricchezze.

La terra colla sua atmosfera forma un tutto composto d'un certo numero di sostanze semplici. Esse sono sparse con assai diversa profusione, e quasi sempre in combinazione tra loro; e questa è l'origine della varietà indescrivibile degli oggetti che vediamo intorno a noi. Nella stessa guisa che colle poche lettere dell'alfabeto mediante diversi accoppiamenti, noi arriviamo a formar migliaia e migliaia di parole delle differenti lingue, così queste sostanze riunite in gruppi svariati costituiscono tutto intero ciò che ci si offre come parte della natura, in qualunque forma e sembianza si trovi.

Della materia che appartiene alla terra, questa non perde neppure la più piccola parte. Se noi abbruciamo, p. e,, un migliaio di quintali di legna, avremo soltanto mutata la forma con cui i componenti della legna erano uniti fra loro. Invece di legno duro e visibile, gli stessi componenti durante la combustione si coordinano in modo differente; le combinazioni gasiformi diventano

invisibili ma non si perdono perciò fuori dello spazio mondiale, anzi neppure lungi dall'ambito terrestre. Vedremo inoltre nel trattato della nutrizione dei vegetabili come cosiffatti materiali gasiformi che sono il prodotto della combustione e vengono sparsi per l'aria, di nuovo si ricompongano poi in modo da ridivenire un'altra volta legno.

Non una sola molecola della materia può essere *annichilata*, ma d'altro canto neppure è in poter nostro di *produrne* e *formarne* una sola. Perlocchè se si parla di *produzione*, di *formazione* di un corpo, ciò non significa altro se non che l'opera di scomporlo dalle naturali sue combinazioni chimiche, o di ricomporlo nel primitivo suo stato.

Una molecola di zolfo resta sempre la identica molecola di zolfo, e solo per essere combinata con altre sostanze sparisce, come tale, a' nostri sensi; ma per tornar con tutte le sue proprietà in evidenza, appena sia sciolta dalle sue combinazioni.

22. Divisioni della chimica. — La chimica venne distinta in *inorganica* ed *organica:* la prima tratta delle sostanze semplici e delle combinazioni loro, quali si ritrovano nei minerali, o quali sono da questi tratte e preparate. L'organica comprende le combinazioni proprie delle piante e degli animali, o che da questi sono dedotte.

Quantunque non istrettamente esatta una tale divisione della scienza dacchè alcune combinazioni appartengono del pari all'una e all'altra classe, serve però ad agevolarne lo studio e a darne il concetto scientifico, e perciò la seguiremo anche noi secondo l'ordine seguente:

I.	II.
Chimica inorganica.	*Chimica organica.*
1. Metalloidi.	1. Acidi organici.
2. Metalli.	2. Alcool.
a) Metalli leggieri.	3. Basi organiche.
b) » pesanti.	4. Combinazioni indifferenti
Appendice.	*Appendice.*
Fenomeni elettro-chimici.	Decomposizione spontanea.
Azione chimica della luce.	Distillazione a secco.

I.

CHIMICA INORGANICA

---

23. — Questa scienza insegna a conoscere le sostanze semplici, il loro modo di presentarsi nella natura, i loro caratteri apparenti, le loro proprietà intrinseche, e la maniera di comportarsi con altre, nonchè le loro combinazioni più comuni e più importanti. Fra queste ultime studieremo più particolarmente quelle, che per la loro applicazione alle arti, ai mestieri, alla medicina, meritano speciale attenzione. Di talune credemmo bene accennare anche il valor venale malgrado le variazioni a cui esso è soggetto. Sono stati ragguagliati i prezzi in rapporto al peso o di 500 gr., o di 50 chilogr., ed in moneta germanica, cioè in fiorini della Germania meridionale, di cui 7 sono uguali a 4 talleri ossia a 6 fiorini austriaci (circa 20 franchi).

24. — Fra gli esterni caratteri delle sostanze è di somma importanza quello che riguarda la forma delle *cristallizzazioni*, secondo la quale sogliono raggrupparsi le particelle della più gran parte delle sostanze solide. Per quanto sieno svariate queste forme nei corpi cristallizzati, si possono tuttavia ridurre a certi tipi. È legge costante che una sostanza medesima si presenti sempre nella identica forma che appartiene al suo tipo: e da ciò si è formata una dottrina speciale, cioè la *cristallografia*, che verrà poi più largamente trattata nella parte mineralogica. E primamente diremo intanto che un corpo si dice *cristallizzato* quando ci si mostra sotto l'aspetto di figure geometriche facilmente riconoscibili e determinate, come sarebbe a cagion d'esempio il sale di cucina o lo zucchero candito. *Cristallino* poi dicesi il corpo stesso quando i suoi cristalli non sono perfettamente sviluppati, qual sarebbe il marmo di Carrara, lo zucchero trito comune. *Amorfi* chiamansi finalmente que'corpi che nella loro massa non offrono traccia di forma alcuna definita, come è, p. e., il vetro. Dipende da circostanze esterne che un corpo assuma l'una o l'altra delle predette forme, potendo noi ridurre, p. e., lo

zolfo ed il sale comune in istato *cristallizzato*, *cristallino*, od *amorfo* a nostro talento.

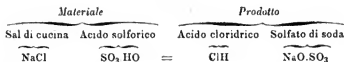
25. — Nel corso di questo trattato avremo argomento di parlar di un gran numero di decomposizioni chimiche. Ogni qual volta si tratti d'un elemento o d'un composto, si adoperano certi materiali, e ne derivano come risultamenti del processo chimico certi nuovi prodotti. Fu già detto al § 9 che noi non possiamo stabilire a *priori* secondo leggi comuni e costanti il vero effetto dell'azione chimica delle diverse sostanze, ma che ne siamo più presto istruiti dalla esperienza. Lo studio della chimica sta essenzialmente perciò nell'apprendere esattamente a condurre a termine, e conoscere i più importanti processi chimici in tutto il loro decorso: ed a quest'uopo ci servirà la descrizione dei medesimi, e primamente certi tentativi od esperimenti che servono a metterci in evidenza le sostanze e i fenomeni; poscia la descrizione della forma degli apparecchi e stromenti necessarii od utili a questa ricerca; perciocchè in tal guisa potremo meglio imprimerci nella memoria i subietti spettanti all'arte chimica.

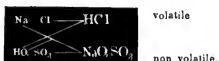
Un concetto chiarissimo dei processi di decomposizione ci viene procacciato dal trovato delle formole, il quale ci presenta una specie di *schema* atto a rappresentarli colla maggiore esattezza. E siccome può questo idearsi in modo svariato, così quasi ogni chimico si crea il proprio schema, come si potrà meglio concepire dagli esempii seguenti:

Per ottenere acido *cloridrico* = C I H si versa 1 equiv. di *sal di cucina* = N a C I in 1 equiv. d'*acido solforico idrato* = SO_3 . H O e si assoggetta il miscuglio a distillazione. Prodotto secondario ne sarà il solfato di soda = $NaO . SO_3$.

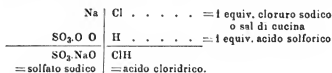
Lo schema più semplice si ha coll'offerire la decomposizione in forma d'una equazione fra gli adoperati materiali, e col dedurne i risultanti prodotti:

SCHEMA 1°

Materiale			*Prodotto*	
Sal di cucina	Acido solforico		Acido cloridrico	Solfato di soda
NaCl	SO_3 HO	=	ClH	$NaO.SO_3$

Ovvero partendo dalle sostanze che entrano in combinazione si possono riunire con una riga, o fra *parentesi* come negli schemi 2° e 3°.

SCHEMA 2°

SCHEMA 4°

Da ultimo si possono collocare i componenti del materiale che si combinano, uno sotto l'altro, tirando poscia una linea verticale che dimostri la decomposizione, ed una orizzontale, sotto la quale si sommano i prodotti, come segue:

Na	Cl	= 1 equiv. cloruro sodico o sal di cucina
$SO_3.O$ O	H	= 1 equiv. acido solforico
$SO_3.NaO$ = solfato sodico	ClH = acido cloridrico.	

I.

Metalloidi.

1. Ossigeno.

Oxygenium; O = 8; peso = 1,1056 1 litro (= 1000 centimetri cubi) pesa 1,43028 grammi. Scoperto nel 1774 da Priestley e Scheele.

26. — L'ossigeno esiste in natura in gran copia e diffuso da per tutto, ma non mai in istato puro e libero da combinazioni. Abbiamo invece un minerale facilmente reperibile, che è un composto del metallo chiamato manganesio ed ossigeno = MnO_2;

riscaldato questo entro ad un tubo di ferro fino ad arroventamento si decompone, e la metà del suo ossigeno si separa. Altre sostanze somministrano parimenti l'ossigeno in istato di purezza, e in modo più comodo. Prendendo una piccola storta *a*, figura 2, in

Fig. 2.

cui sia dell'ossido di mercurio (= Hg O) e riscaldandola, questo si divide nei suoi componenti: il mercurio si raccoglie nel matraccio *b*, mentre l'ossigeno in forma di gas passa per la canna di vetro *c* che sta immersa nell'acqua, e di là nel tubo ripieno d'acqua, ed immerso pure in essa. Ad ogni bolla di gas che entra nel medesimo, esce una corrispondente quantità d'acqua finchè tutto il cilindro si riempia d'ossigeno completamente. Di questo apparecchio, chiamato *idro-pneumatico*, si fa uso da per tutto quando si vuole raccogliere un gas che non sia solubile nell'acqua.

Attualmente si usa d'ordinario estrarre l'ossigeno dal *clorato di potassa* = $K\,O.Cl\,O_5$, che ne contiene 6 equivalenti, e col riscaldamento lascia sprigionar colla massima facilità questo gas.

Tutte le parti verdi dei vegetabili, sotto l'influenza della *luce del sole* ne svolgono alquanto. Si prenda un ramo di pianta che abbia attaccate le sue foglie ancora fresche come nella fig. 3, e lo si esponga al sole sotto un imbuto chiuso di vetro pieno d'acqua, si vedrà accumularsi alla sua parte superiore a poco a poco una quantità di bollicine d'aria che sono ossigeno puro. Anche in alcune piccolissime pianticelle microscopiche, considerate finora come infusorii, si è osservato uno sviluppo di codesta natura.

Fig. 2.

L'ossigeno è un gas inodoroso e scolorato al pari dell'aria che

ne circonda: dalla quale però si distingue facilmente per la straordinaria vivacità con cui i corpi accesi entro di lui si abbruciano. Qualora si immerga, p. e., in un cilindro ripieno d'ossigeno uno stecco debolmente acceso, esso s'infiamma immantinente ed arde con una abbagliante rapidità. Il fosforo brucia con una luce bianca che è simile allo splendore del sole; lo zolfo con una fiamma cerulea leggiadra. I minuzzoli di carbone e le sottili spire d'acciaio,

Fig. 4. Fig. 5.

rese sulla estremità incandescenti, e quindi immerse in questo gas s'abbruciano completamente, sprizzando tutt'all'intorno delle scintille magnifiche (fig. 4-5).

Questi fenomeni dipendono dalla grande affinità che ha l'ossigeno per quelle sostanze: la combustione medesima non è altra cosa, che la loro progressiva combinazione coll'ossigeno, in seguito alla quale si producono negli allegati esperimenti, acido carbonico CO_2 acido solforoso SO_2, acido fosforico PO_5, ossido di ferro $Fa_2\,O_3$.

Oltre a ciò siccome la massima parte dei minerali contiene ossigeno, siccome esso costituisce fino il 30-50 0|0 della massa delle piante e dei corpi animali, e siccome per ogni 9 chilogr. d'acqua vi hanno 8 d'ossigeno, cioè 8|9 del suo peso, così esso non è soltanto il più diffuso, ma anche il più abbondante dei corpi presenti. E si può, senza tema d'errore, ammettere che compone un terzo della massa terrestre a noi conosciuta.

Egli è anche essenziale di notare come l'atmosfera sia un miscuglio di ossigeno e di azoto; in ogni 5 parti di aria si contiene una d'ossigeno, e perciò egli costituisce 1|5 di tutta la massa atmosferica.

Deriva da tutto ciò il fatto importante, che tutte quante le sostanze, esistenti nell'aria, sono esposte alla influenza dell'ossigeno

che in essa contiensi, e che la forza di affinità del medesimo tende del continuo ad entrare in combinazioni chimiche con quei corpi che non ne contengono, o ne possiedono una porzione più scarsa della loro capacità. Esso è d'altronde la causa di una quantità di fenomeni chimici che si manifestano incessanti in noi stessi e intorno a noi. Quando le circostanze sono favorevoli la combinazione si effettua con tanta veemenza da dare origine allo sviluppo di calorico e luce, che è quanto dire, alla *accensione*. Ma nella più gran parte dei casi questa combinazione si effettua a poco a poco, senza manifestazione di fuoco. Ben è vero che si genera calore, ma esso si diffonde lentamente, e senza divenire sensibile al tatto. La ruggine del ferro, il verde del rame, la fermentazione, la putrefazione, la corruzione, la decomposizione, la macerazione, la respirazione dell'uomo e degli animali, tutte in una parola queste importanti trasformazioni hanno per agente prossimo l'ossigeno. In tutte si generano nuove combinazioni ossigenate, e nessuna potrebbe aver luogo senza di lui, al modo stesso che un corpo non potrebbe abbruciare quando fosse sottratto al contatto dell'aria.

27. — Il combinarsi dei corpi coll'ossigeno produce ciò che appellasi *ossidazione*: *ossidare* è quanto dire combinarsi coll'ossigeno, *ossido* è una combinazione ossigenata. Siccome poi questo elemento si unisce colla massima parte delle sostanze in proporzioni diverse, così vi sono differenti *gradi d'ossidazione* designati con nomi particolari, come apprenderemo nei molti esempii, che verremo adducendo.

I metalloidi formano con esso degli *acidi;* i metalli più preferibilmente degli *ossidi basici*. Per *radicale* d'una combinazione ossigenata s'intende generalmente un corpo unito all'ossigeno. Così lo zolfo è il radicale dell'acido solforico SO_3, il fosforo dell'acido fosforico PO_5.

Le proprietà comuni delle combinazioni ossigenate per più facile intelligenza veggionsi esposte nell'annesso specchio.

SPECCHIO DELLE COMBINAZIONI OSSIGENATE

	Grado	Esempio	Formula	Proprietà generali
	1. ACIDI			
	a. *Grado infimo*	*Acido Sotto-Solforoso*	S_2O_2	
1	Grado inferiore	Acido Solforoso » Nitroso » Cloroso » Fosforoso	SO_2 NO_3 ClO_3 PO_3	Acidi deboli; sono espulsi da quasi tutti gli acidi dei gradi seguenti dalle loro combinazioni; assorbono ossigeno dall'atmosfera e si trasformano in acidi di gradi superiori.
	b. *Grado intermedio*	*Acido Sotto-Solforico*	S_2O_5	
2	Grado medio	Acido Solforico » Nitrico » Clorico » Fosforico » Manganico	SO_3 NO_5 ClO_5 PO_5 MnO_3	Acidi forti; spesso caustici; per lo più immutabili all'aria; col riscaldamento si decompongono la massima parte come i seguenti.
3	Grado superiore	Acido Deutoclorico » Deutomanganico	ClO_7 Mn_2O_7	Acidi più deboli dei precedenti; si decompongono facilmente mediante il riscaldamento in ossigeno ed in un grado più basso di ossidazione.
	2. BASI			
	c. *Subossido*	*Subossido di piombo*	Pb_2O	
1	Ossidulo	Ossidulo di ferro » di manganese » di mercurio	FeO MnO Hg_2O	Basi deboli; facilmente staccate dalle loro combinazioni per opera degli acidi; assorbono con avidità l'ossigeno e si convertono in ossidi.

Segue 2. BASI

	Gradi	Esempi	Formule	Caratteri generali
	d. *Ossi-dulossido*	*Ossidulossido di ferro*	$Fe_3 O_4$	
2	Ossido	Ossido di ferro » di manganese » di rame » di piombo » di mercurio » di potassio » di iodio	Fe_2O_3 Mn_2O_3 CuO PbO HgO KO NaO	Basi forti; spesso caustiche; non capaci di per sè ad avanzare in gradi più elevati di ossidazione. Gli ossidi dei metalli pesanti non sono solubili nell'acqua.
3	Deutossido	Deutossido di manganese Deutossido di piombo	MnO_2 PbO_2	Non acidi nè basici; si decompongono coi calore in ossigeno ed ossido.

28. — Oltre a questi gradi d'ossidazione, che sono a dir così, primarii, si trovano in alcune sostanze dei gradi intermedii, come sono gli acidi sotto-solforosi accennati sotto *a* e *b* S_2O_2, i sotto-solforici S_2O_5, i quali in massima sono acidi deboli, facilmente decomponibili. Egualmente si trovano tra gli ossidi metallici, sotto le lettere *c* e *d*, il subossido e l'ossidulossido, che non possiedono alcun carattere ben pronunciato.

Sebbene le sostanze non metalliche formino coll'ossigeno preferibilmente degli *acidi*, vi sono tuttavia alcuni loro ossidi di grado inferiore, che non sono nè acidi nè basici, come, p. e., l'acqua HO, l'ossido di nitrogeno NO, l'ossido di carbonio CO, e così via discorrendo. D'altro lato troviamo che mentre la maggior parte degli ossidi metallici sono *basi*, alcuni invece di grado più elevato si comportano al modo degli *acidi*, come sarebbe p. e. l'acido manganico MnO_3, il cromico CrO_3, l'antimonico SbO_5 ed altri ancora.

Come ben si vede non è la quantità dell'ossigeno combinato col radicale, ma la proprietà chimica, che determina il nome, e la posizione dell'ossido; perchè, p. e., l'acido solforico contiene 3

soli equivalenti d'ossigeno, ed è pure un acido più potente del nitrico che ne contiene cinque.

29. Durò per lungo tempo l'opinione che l'ossigeno non fosse niente più che un principio acidificante, e per questo appunto gli si diede il nome che porta (*generatore degli acidi*). Ma dopo che fu accertato esservi alcuni acidi potenti che non contengono ossigeno, e che questo coi metalli forma le più forti basi di proprietà affatto opposte agli acidi, una tale denominazione ha perduto la sua aggiustatezza. E fu perciò trovato necessario di specificar col nome di *acidi ossigenati* quelli che lo contengono.

Con ragione questo elemento suol porsi a capo degli altri tutti, perch'esso tanto per la sua massa e per la sua energica affinità, quanto per la molteplice forma con cui si congiunge, è la più importante e la più influente di tutte le sostanze semplici. In ispecialità poi dipendono dalla sua cooperazione due dei più comuni e notabili processi, quali sono la *respirazione* e la *combustione*.

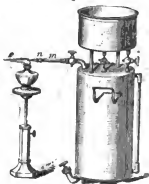
Tanto negli uomini che negli animali la respirazione consiste sostanzialmente nell'assorbimento di una certa quantità d'ossigeno dell'aria atmosferica; il quale esercita un'azione profonda sulla composizione del sangue, cagione precipua e sorgente del calor animale. L'aria che non contiene ossigeno riesce quindi mortifera agli animali ed all'uomo in brevi istanti.

Fig. 6.

Ogni altro corpo combustibile piglia anch'esso ossigeno dall'aria, e perciò appunto noi procuriamo alimentare la combustione col facilitare l'accesso dell'aria o mediante il soffiarvela sopra direttamente, come facciamo se si tratta di operar in piccole dimensioni col *tubo ferruminatorio* (figura 6) o con mantici a vescica o finalmente con altri apparecchi più voluminosi. Il calore d'una fiamma si accresce quindi prodigiosamente ove si adoperi ad alimentarla dell'ossigeno puro, raccolto in una vescica come nella **fig. 7**, od in un gazometro, **fig. 8**; d'onde mediante un sottile

cannello si fa fluire contro la fiamma d'una lampada ad alcool. Con essa si può allora fondere facilmente corpi i più refrattarii, quale, p. e., sarebbe un filo di platino; un filo d'acciaio poi, come abbiam detto, vi arde rapidamente gettando scintille bellissime.

Fig. 7.

Fig. 8.

30. Ossigeno attivo — Ozono. — Facendo scoccare dentro ad una bottiglia piena di gas ossigeno per lungo tempo delle vivaci scintille elettriche, il gas prende un odore tutto speciale quale è quello che spandesi tutt'intorno ad una potente macchina elettrica, subito ch'essa sia posta in rotazione. Il gas ossigeno acquista un'altra mirabile proprietà in questo caso; ed è una azione ossidante tanto energica che giunge perfino ad ossidare l'argento, a ridurre il solfuro nero di piombo PbS in solfato di ossido di piombo $PbO\text{-}SO_3$, ad imbiancare l'indaco ed altri colori. Più sorprendente ancora è la sua azione sulla miscela di ioduro potassico coll'amido; le carte spalmate di questo preparato poste in contatto coll'ossigeno così modificato, sono immediatamente colorite in violetto scuro. Una tale azione si attribuisce all'ozono, sia desso un principio particolare, sia uno stato particolare dell'ossigeno, che si genera eziandio col diriger lentamente l'aria sovra del fosforo umido. Se non che tutti codesti metodi lo somministrano in quantità così scarsa, che regna ancora molta incertezza sulla vera sua natura. La più probabile opinione è però che l'ozono altro non sia che l'ossigeno stesso, ridotto in ispeciali condizioni atomiche per le quali si aumenta la sua forza d'affinità in modo che esso diventa più attivo e più eccitante.

2. Idrogeno.

Hydrogenium; $H = 1$; peso specifico $= 0{,}0692$
1 litro pesa 0,0896 grammi; scoperto nel 1766 da Cavendish.

31. — L'idrogeno è abbondantemente sparso nella natura, ma non mai in istato libero, anzi per lo più combinato coll'ossigeno

in quel corpo, che dicesi *acqua*, molto notoriamente diffuso, e la cui composizione è espressa dalla formula H O. Noi ci serviamo sempre di questa combinazione per ottenere l'idrogeno, e ciò si effettua riscaldando l'acqua in una storta *a* fig. 9 per modo che i

Fig. 9.

vapori passino per una canna da fucile, o per un tubo di porcellana ripieno di ritagli di ferro, ridotti incandescenti. In questo caso l'ossigeno si combina col ferro per formarne un ossido ($Fe_2 O_3$) mentre dal *tubo svolgitore del gas*, esce l'idrogeno, che può essere raccolto nel modo stesso indicato al § 26. —

Ma il metodo più comodo, e perciò il più usitato, per lo svolgimento dell'idrogeno consiste in un apparecchio fig. 10 o 11, consistente in una *bottiglia* ad uno o due colli in cui sono posti piccoli

Fig. 10. Fig. 11.

ritagli di zinco con acqua ed alquanto acido solforico. Da questo

miscuglio l'idrogeno sfugge sotto forma di gas, mentre si produce del solfato di zinco che rimane nel vaso.

Materiale				*Prodotto*	
Acqua	Acido solforico	Zinco		Idrogeno	Solfato di zinco
HO	SO_3	Z	=	H	$(SO_3.ZO)$

L'idrogeno è senza colore, senza odore, permanente a tutte le pressioni e temperature, il più leggiero di tutti i corpi perchè 1 litro di esso pesa 14 volte meno d'un litro d'aria atmosferica, e quindi una vescica riempita del medesimo s'innalza nell'aria ed ascende come farebbe un pezzo di sovero che sta a galla dell'acqua, proprietà questa ch'ebbe la sua applicazione ai palloni aereostatici, sebbene oggidì vi s'adoperi di preferenza il *gas luce* come quello che è di minor costo.

L'idrogeno quando viene in contatto con un corpo che abbrucia, si accende, ed arde con fiamma languida (fig. 12), ma con isvolgimento di gran calore; si combina in tal caso all'ossigeno atmosferico per formar acqua. Se si tiene sopra una fiamma di gas idrogeno un cannello di vetro (fig. 13), odesi un suono speciale ed acuto, che fu detto *l'armonica chimica*.

Fig. 13.

Fig. 12.

Nelle officine non si adopera mai l'idrogeno, ma si suole servirsene per rafforzare il fuoco dei fabbri-ferrai. Infatti spruzzando l'acqua in piccola quantità sul fuoco dei carboni incandescenti, essa viene decomposta, l'oessigno si unisce al carbonio, e l'idrogeno arde con innalzamento di calore.

Dirigendo una corrente d'idrogeno sopra gli ossidi incandescenti metallici, qual sarebbe, per es., l'ossido di rame CuO, esso si combina col loro ossigeno per formar acqua, la quale svapora, lasciando il metallo lucido e forbito. Questa maniera di *disossidazione* è spesso usata dai chimici.

32. Combinazioni dell'idrogeno. — L'idrogeno ha molta affinità specialmente colle sostanze non metalliche, ma si può dire

ni quasi nessun metallo. È contenuto nelle sostanze vegetabili in proporzione del 5 — 6 p. 0/0 e nelle animali eziandio.

Col cloro, bromo, iodio, fluorio ed alcuni altri corpi, forma composti acidi, costituenti la serie degli *acidi idrogenati*. Ma la più importante delle sue combinazioni si è l'*acqua*.

Acqua.
Formola: HO=9: Densità=1.

Mescolando insieme 1 peso d'idrogeno ed 8 di ossigeno, che val quanto dire due litri d'idrogeno ed uno d'ossigeno, non accade veruna combinazione; ma se questo miscuglio sia tocco da un corpo rovente, si origina una forte detonazione e la combinazione ha luogo istantenea sotto forma di vapore acqueo, perchè dal calore l'acqua generatasi rimane straordinariamente dilatata. Il preaccennato miscuglio prende perciò il nome di *gas tonante*, e gli esperimenti che sogliono eseguirsi con esso sono *molto pericolosi*, epperciò deggion soltanto tentarsi in piccole proporzioni. Anche in una mescolanza d'ariaat mosferica e d'idrogeno, sotto l'azione d'un corpo acceso, si determina una esplosione, ond'è che in tutti gli esperimenti di tal fatta è mestieri lasciar fluire adagio e per lungo tempo l'idrogeno affinchè si compenetri nell'aria, prima che nasca l'accensione. Con apparecchi bene acconci si può tuttavia accendere quantità più considerevoli di gas tonante e quindi raccogliere l'acqua che si va formando in quantità maggiore, e con questo mezzo si può persuadersi ch'essa possiede effettivamente tutte le qualità dell'acqua pura. Il calore che sviluppasi alla esplosione del gas tonante è così straordinario da ottenersene effetti che non si avrebbero altrimenti. Per impedire le esplosioni pericolose si dirigono col mezzo di due recipienti, l'uno contenente ossigeno, l'altro l'idrogeno, i due gas separatamente in un tubo di trasmissione comune, per guisa che soltanto all'apertura di questo possano venir in contatto e infiammarsi, lo che avviene immediatamente. In questa fiamma del gas tonante si fondono il filo di platino, la terra da pippe, il quarzo, la calce e in generale tutti i corpi i più difficilmente fusibili. Dirigendo codesta fiamma sopra argilla modellata in piccoli coni, questi diventano incandescenti e spargono una luce abbagliante da paragonarsi a quella del sole, detta *luce di Drummond* (dal nome dell'inventore). Essa suole essere impiegata pel microscopio solare, per le fantasmagorie e per segnali.

Un processo semplicissimo per esperienze col gas tonante è

delineato alla fig. 14, il quale consiste nello spingere sulla fiamma di gas idrogeno, l'ossigeno contenuto in una vescica.

Per dimostrare come nella combustione dell'idrogeno si formi

Fig. 14.

veramente dell'acqua, serve l'apparato segnato dalla fig. 15. — Dalla bottiglia si svolge e passa prima l'idrogeno a traverso un

Fig. 15.

tubo ripieno di cloruro di calcio (§ 89) il quale, serve a spogliarlo di tutta l'umidità, e quindi lo si accende. Si forma allora sulle pareti d'una campana, che si tiene capovolta sopra alla fiamma, un vapore acqueo il quale a poco a poco si rapprende in visibili goccie stillanti.

33. Proprietà dell'acqua. — Intorno a questo liquido molte cose si conoscon da tutti per effetto di giornaliera esperienza, altre per gl'insegnamenti della fisica. Trattasi qui però di riferire alcune delle sue proprietà chimiche che sono di grande momento. Sebbene essa non sia nè acida nè basica, ma neutra ed indifferente, ha tuttavia una affinità grandissima con molte sostanze e

specialmente cogli acidi e colle basi. Le sue combinazioni con questi corpi vengono dette *idrati*. In generale nella formazione degli idrati producesi aumento di temperatura, perchè l'acqua passa ad uno stato più denso, e quindi una parte del suo calore latente (*Fisica* § 155) rimane libero. Porgono esempi di ciò i riscaldamenti che tengono dietro alle mescolanze d'acido solforico anidro, l'acqua, e nel così detto *spegnersi* della calce viva.

Gli acidi si adoperano per la massima parte allo stato di *idrati*, quali sono, p. e., il solforico SO_3, HO, ben rare volte *anidri*; ond'è che quando non si avverte appositamente ch'essi sono tali, si intende sempre parlare d'acidi idrati. L'acqua che li diluisce in ogni caso e quando si voglia può esserne scacciata, anche senza l'aiuto del calore, coll'approfittare della grande affinità degli acidi verso gli ossidi metallici.

Le basi, ossiano gli ossidi metallici, combinandosi all'acqua acquistano diversi colori, che servono a farli riconoscere. Così, p. e., *l'ossido di ferro* Fe_2O_3 è rosso, l'ossido stesso idrato Fe_2O_3 HO diventa giallo; l'*ossido di rame* CuO è nero, e facendosi idrato CuO, HO si cambia in bleu. Riscaldati gli ossidi perdono la maggior parte la loro acqua di idratazione, alcuni ad una bassa, altri ad alta temperatura; altri come la *potassa idrata* KO, HO, e la *soda idrata* NaO, HO, non la perdono neppure ad un fuoco d'incandescenza.

L'acqua si combina inoltre coi sali, entrando colle loro molecole nella formazione dei cristalli, e prende allora il nome d'*acqua di cristallizzazione*. Vediamo in questo caso, come in quel degl'idrati, che essa può essere ridotta allo stato solido non solamente coll'abbassamento della temperatura, ma sì ancora colle attrazioni chimiche. I sali si distinguono perciò in *anidri*, e in contenenti acqua di cristallizzazione. Così, p. e., NaO. SO_3 sarebbe un solfato di soda anidro, mentre NaO, SO_3 + 10HO indicherebbe che è unito a 10 equivalenti d'acqua. La maggior parte dei sali tuttavia perde la propria acqua nell'aria asciutta o quando siano riscaldati a 100°. In questo caso le particelle d'acqua interposte alle particelle del sale scompaiono e queste ultime disgiungendosi danno luogo alla così detta *efflorescenza*, ossia al rompersi delle laminette dei sali medesimi.

31. — L'acqua possiede la mirabile facoltà di *disciogliere* un grandissimo numero di sostanze solide e di ridurle in istato liquido. Questo poter dissolvente sembra essere meno la conseguenza di combinazione chimica, che di una disposizione partico-

lare che prende l'acqua rispetto alle molecole dei corpi solubili. Essa s'insinua frammezzo ad esse e le disgrega e scompone; nè in altra guisa infatti si rivela questa sua azione, dacchè qualsiasi materia disciolta non perde per nulla delle sue proprietà chimiche, anzi allorquando il riscaldamento ne faccia svaporare le particelle acquose, le sostanze ch'erano prima disciolte riprendono immutate la loro primitiva consistenza.

Quando in una soluzione qualsiasi si aggiungono parti nuove, e queste non vi subiscono più verun mutamento, si dice che la soluzione è *satura*. Il liquido può tuttavia ammettere nuova quantità di tali sostanze ove se ne rialzi la temperatura, ma quella quantità che il calore avea fatto sciogliere si depone di nuovo, generalmente in forma di *cristalli*, allorchè la temperatura si abbassa. Quindi si scorge che la soluzione è uno de' mezzi per ottenere corpi cristallizzati. Se invece un corpo disciolto sia costretto a passare dallo stato liquido improvvisamente al solido per causa di subitaneo raffreddamento d'una soluzione satura, esso non si depone più sotto forma di cristalli chiari, sì bene di *sedimento* polverulento; locchè avviene altresì quando alla soluzione si aggiunga una sostanza, che formi col corpo disciolto una combinazione *insolubile*. Così, p. e., se ad una soluzione di barite BaO si aggiunge dell'acido solforico, questi due corpi si combinano insieme formando un solfato di barite $BaO.SO_3$ che si depone sul fondo del vaso in forma di *sedimento*.

Sulla solubilità di una, ed insolubilità dell'altra delle diverse sostanze e sul grado diverso della medesima fondasi la possibilità di separare molte fra di loro, e quindi l'acqua diventa uno dei più validi reagenti pel chimico.

Anche i gas vengono disciolti nell'acqua, o come suol dirsi, *assorbiti*, in grado però molto disuguale fra loro. L'acqua comune racchiude sempre una certa quantità d'aria atmosferica e di acido carbonico. Riscaldandola, quest'aria stessa contenuta si sprigiona del continuo; quindi l'acqua perde alcune sue proprietà. E infatti dopo averla bollita la facciam raffreddare riesce insipida, ed i pesci vi muoiono dentro, perchè non vi trovan più l'elemento respiratorio.

35. — Ma appunto questa qualità dissolvente dell'acqua che attingiamo direttamente dalle sorgenti naturali e diverse, è causa ch'essa non sia mai pura. Ovunque si trovi in contatto col suolo, essa si appropria le materie solubili che sono varie secondo la sua provenienza. Quindi se le sorgenti scaturiscono da roccie poco

solubili, silicee e granitiche, essa ha il carattere di *pura* e *leggera*, se da roccie calcaree, diventa *impura* e *pesante* perchè contiene sali di calce, la cui presenza si manifesta colla difficoltà di cuocervi i legumi, di sciogliervi il sapone, e più colla crosta calcarea che si depone dopo l'ebollizione sul fondo dei vasi. Questo è d'ordinario lo sconcio delle acque di pozzi, o di cisterne. Talvolta tiene in dissoluzione sostanze organiche, nonchè de' piccoli invisibili organismi viventi, sia della classe vegetabile sia dell'animale. Quando la sorgente zampilla da grande profondità, l'acqua presenta una temperatura più elevata, cosicchè in alcuni casi è calda e quasi bollente, come vediamo in quelle fonti che appelliamo *termali*. Se nel suo passaggio incontra dell'acido carbonico, del solfidrico, dei sali, o qualsiasi altro elemento, ne scioglie una certa quantità, ed acquista qualità speciali, che costituiscono le così dette *sorgenti minerali*. L'acqua del mare contiene tanti sali ed in ispecie tanto cloruro di sodio e solfato di magnesia da riuscir al tutto inservibile all'uso di bevanda.

Per ottenerla purissima, è necessario sottoporla mediante speciali apparati alla *distillazione* (V. *Fisica*, § 139). L'*acqua distillata* è scevra d'ogni principio volatile, e quando sia svaporata in un crogiuolo di platino forbito, od in qualunque vetro ben netto, non lascia residuo di sorta. Egualmente pura può ritenersi l'acqua di pioggia che si distilla nelle officine della natura, e di cui si fa uso singolarmente in certe arti, quali sono quelle del tintore, del lavandaio ecc., tranne ch'essa contiene sempre un po' d'acido carbonico.

3. Azoto o Nitrogeno.

Nitrogenium; N=14; Densità 0,976
1 litro pesa 1,25 grammi; Scoperto nel 1772.

36. — Delle cinque parti dell'aria onde siam circondati, 4 sono di azoto, ed 1 di ossigeno; quindi l'azoto compone niente meno che i 4|5 dell'aria atmosferica. Le parti solide della terra invece ne sono poco abbondanti: di rado esso si trova nei minerali, è scarso nei vegetabili, abbondante per contrario nei corpi animali. Per ottenerlo si colloca sull'acqua un pezzo di sughero, sovra il quale una cassuletta di porcellana e in essa si accende un pezzetto di fosforo; coprendo il tutto con una campanella di vetro (fig. 16) tanto che rimanga per un pollice immerso nell'acqua e conseguentemente venga espulsa una certa quantità d'aria. Il fosforo che arde a

spese dell'ossigeno dell'aria contenuto nella campana si converte in acido fosforico, il quale si scioglie nell'acqua, intantochè lo azoto resta isolato in una quantità uguale a 4|5 dell'aria adoperata.

Fig. 16.

Questo gas è senza odore nè colore, non ha proprietà dannose, dacchè nella respirazione e nella deglutizione entra in grandi quantità nel polmone e nello stomaco. Tuttavia esso quando è puro sull'istante *estingue* qualunque corpo in combustione, e gli animali vi periscono soffocati unicamente per la mancanza di ossigeno; dal che è venuta la sua denominazione di gas asfissiante od azoto (*senza vita*).

37. — L'*aria atmosferica* è adunque una mescolanza di 4|5 d'azoto, ed 1|5 d'ossigeno. Siccome si trovò che questa proporzione è costante in ogni luogo e in ogni tempo, così si potè prendere la densità dell'aria come unità di misura per la determinazione del peso specifico degli altri gas. La densità della medesima essendo = 1, un litro pesa 1,29 grammi. Tuttavia è necessario sapere che essa rattiene anche qualche altra sostanza volatile frammista, come sarebbe l'*acido carbonico*, del quale 4 parti circa soltanto si riscontrano in 10,000 d'aria e inoltre del vapor acqueo in quantità variabile secondo la temperatura (V. *Fisica*, § 230). Per contrario altre impurità dell'aria, come i prodotti della traspirazione dell'uomo e degli animali le materie corrotte ecc., si disperdono provvidenzialmente nell'immenso spazio, e non si rendono dimostrabili chimicamente se non presso al luogo donde prendono origine.

38. Combinazioni dell'azoto. — In confronto alle prodigiose proprietà che abbiamo notate nell'ossigeno e nell'idrogeno, l'azoto ci potrebbe parere un corpo di poca importanza; e ciò per la debole affinità che rivela verso gli altri elementi, così debole che finora non si conosce una sola combinazione esistente fra lui e la grande serie dei metalli.

Ciò non di meno alcune delle sue combinazioni sono pel chimico di moltissimo interesse, dappoichè l'azoto coll'ossigeno forma l'*acido nitrico* NO, coll'idrogeno l'*ammoniaca* NH_3, col carbonio una forte base, che appellasi *cianogene* NC_2, corpo cotesto che nelle

sue chimiche proprietà ha una singolare analogia con molte sostanze semplici.

39. — Le *Combinazioni dell'azoto coll'ossigeno* più importanti sono:

$NO_5.HO$ = Acido azotico idrato, o come è più comunemente chiamato *nitrico idrato*.
NO_4. . . = Acido ipo, o sottonitrico.
NO_3. . . = Acido nitroso.
NO_2. . . = Ossido di nitrogeno.

Due di queste combinazioni, vale a dire la prima e la terza sono acidi, e le altre sono indifferenti.

1. L'*acido nitrico* rinviensi unito alla soda nel Chilì in forma di minerale (*salnitro del Chilì*), $NaO. NO_5$ = nitrato di soda. Ed è appunto da questo che si ottiene il detto acido coll'unire insieme e distillarne un equivalente insieme ad un equivalente di acido solforico, secondo il seguente schema:

NaO .	NO_5	= Nitrato di soda.
SO_3 .	HO	= Acido solforico idrato.
$NaO.SO_3$ = Solfato di soda (che resta come residuo)	$NO_5.HO$ = Acido nitrico idrato (distillato di sopra)	

La distillazione si eseguisce entro una storta di vetro, intanto

Fig. 17.

che con un getto d'acqua si raffredda del continuo l'apparecchio,

affinchè si condensino i vapori dell'acido nitrico che si vanno svolgendo come si vede nella fig. 17.

Questo acido NO_5. HO è un liquido scolorito, di un peso specifico = 1,42 che spande all'aria un vapore simile ad una bianca nebbia, pel quale acquistò la denominazione di acido nitrico fumante; d'un odore specifico, e acidamente caustico. È facilmente decomponibile; alla luce del sole assume un colorito giallo, perchè una parte di lui si decompone in ossigeno, e in *acido nitroso* rosso bruno NO_5. Anche il forte calore determina una analoga decomposizione. Le sostanze vegetabili ed animali sono da prima da quest'acido colorite in giallo, poscia interamente alterate nella loro struttura, i metalli in massima parte vi sono disciolti. In tutti questi casi esso cede una parte del suo ossigeno a quei corpi e li ossida; per locchè è un importante mezzo ossidante di cui, per ciò appunto, il chimico spesse volte fa uso; ma è nel tempo stesso estremamente pericoloso e *funesto* all'umana salute.

L'acido nitrico quale ci viene in commercio è un liquido giallo, diluito con acqua, a cui si dà il nome d'*acqua forte*, del peso specifico di 1,2. In medicina viene adoperato per macerare e cauterizzare i tessuti organici; nell'arte tintoria come mordente; nelle zecche per lo spartimento dei metalli, e in altre industrie diverse.

È da notarsi, che esso si vien formando ogniqualvolta delle forti scintille elettriche scoppiano a traverso dell'aria umida, cosicchè l'acqua della pioggia di un temporale ne contiene sempre una piccola quantità. Si produce eziandio quando sostanze azotate animali sono miste a calce od a cenere, e sottoposte alla lenta putrefazione.

2. L'*acido nitroso* NO_5 è un gas rosso bruno, soffocante, di odore acuto, che si produce dal nitrico quando questo perde del proprio ossigeno, p. e., col riscaldarlo unitamente alla polvere di amido; è tuttavia molto difficile ottenerlo in istato di purezza, giacchè quando non si adoperi gran diligenza, esso va sempre misto all'acido iponitrico.

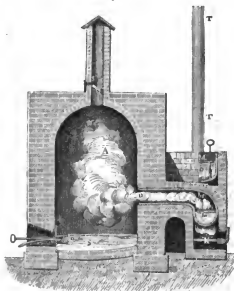
3. L'*ossido*, o meglio *deutossido di nitrogeno* NO_2 si ottiene mediante l'azione dell'acido nitrico sui metalli, p. e., sul mercurio o sulla limatura di rame. È un gas privo di colore, dentro al quale il fosforo arde come fosse entro l'ossigeno. Esso resistette finora alle più poderose pressioni senza liquefarsi, e la sua proprietà più singolare si è che a contatto dell'aria istantaneamente dà origine a vapori rosso bruni nell'atto che assorbe 2 equivalenti d'ossigeno per convertirsi in acido iponitrico.

4. L'*acido iponitrico* è perciò facilissimo a decomporre in *acido nitrico idrato*, e *deutossido di nitrogeno* $3NO_4 + 2HO = 2(NO_5\ HO) + NO_2$. Infatti posto in contatto coi corpi ossidabili si separa da lui alquanto d'ossigeno, e rimane gas ossido di nitrogeno. Quest'ultimo può allora riprendere nuovo ossigeno dall'aria, ricostituirsi in acido iponitrico, e così con vicende ripetute di assorbimento e di eliminazione d'ossigeno divenire un mezzo ossidante, del quale si fa appunto perciò uso nella fabbricazione dell'acido solforico con manifesto vantaggio.

4. Zolfo.

Sulphur; S=8; Densità=2,0.

40. — Lo zolfo è un corpo assai sparso in natura, che si trova talvolta isolato in grandi masse, frammisto a sostanze terrose, ed anche in minor quantità, affatto puro e in cristalli

Fig. 18.

regolarissimi. Esiste inoltre in istato di combinazione con moltissimi metalli. In Sicilia e nelle vicinanze di Napoli si scoprono considerevoli masse di zolfo *nativo* stratificato fra le marne cal-

caree e cretacee; ma siccome da queste non può essere estratto in istato di perfetta purezza, così è duopo *raffinarlo* e depurarlo. Lo zolfo greggio a questo fine si riscalda nella caldaia *G*, fig. 18, affinchè venga convertito in vapori, i quali attraversando il canale *D*, entrano in una camera *A*, ove raffreddati cadono poi in polvere, che ha il nome di *fiori di zolfo*, sul pavimento. Siccome anche dopo qualche tempo l'ambiente resta caldissimo, così lo zolfo si liquefà di nuovo, e di quando in quando lo si fa scolare per l'apertura *O* entro forme cilindriche, nelle quali si raffredda e consolida, costituendo lo *zolfo in cannoli* del commercio.

Si può tuttavia ottener lo zolfo anche con altro modo, vale a dire dalle sue combinazioni coi diversi metalli, p. e., dal solfuro di ferro FeS_2, del solfuro di rame CuS ecc., ovvero da quelle coll'ossigeno quando si trova in istato d'acido solforico, associato alla calce, nel gesso CaO SO_3 colla quale forma interi strati di montagna. Da ultimo lo si potrebbe trarre eziandio da certe piante e sostanze animali, nelle quali predomina l'albumina, e la sua presenza è rivelata da quell'odore di uova fracide, che esse esalano decomponendosi, odore dovuto alla combinazione dello idrogeno collo zolfo (*acido solfidrico*).

Sono generalmente note le principali proprietà dello zolfo e le sue applicazioni per farne modelli di monete, e medaglie, per gli accendifuoco di varia specie, per uso medico sotto forma di fiori di zolfo, nonchè quale ingrediente nella fabbricazione di quei tessuti che diconsi *impermeabili*. Esso si fonde a 111° C. e quando è perfettamente fuso si mostra di un color giallo citrino; se lo si riscalda maggiormente acquista una tinta più carica, e perde in pari tempo la sua fluidità. A 160° C non iscorre più se non con difficoltà, e il suo colore passa al bruno; spingendo in alto la temperatura riprende la fluidità, e mantiene il color bruno; finalmente a 400° entra in ebollizione, e si converte in vapore rosso. Mostrasi insolubile nell'acqua, poco solubile nell'alcool, nell'etere, negli olii grassi e volatili, solubile invece nell'olio di lino caldo, in quello di trementina, e molto nel solfuro di carbonio, d'onde si depone poi in bei cristalli ottaedri a base romboidale (fig. 19). Soffregato con lana assume proprietà elettriche negative.

Fig. 19.

41. Combinazioni dello zolfo coll'ossigeno. — Le combinazioni dello zolfo coll'ossigeno ben definite, che si conoscono fino ad ora sono sette:

1° Acido	ipo o sottosolforoso	$= S^2O^2$
2° »	iposolforico trisolforato	$= S^5O^5$
3° »	iposolforico bisolforato	$= S^4O^5$
4° »	iposolforico monosolforato	$= S^3O^5$
5° »	solforoso	$= SO^2$
6° »	iposolforico	$= S^2O^5$
7° »	solforico	$= SO^3$

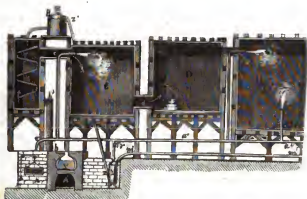
Noi qui non parleremo che degli acidi iposolforoso, solforoso e solforico, come quelli la cui cognizione è la più importante per i loro usi nelle arti.

L'*acido solforico*, qual noi l'abbiamo e adoperiamo, è sempre *idrato*, vale a dire la sua formola è espressa da SO_3 HO; esso si conosce anche col nome di *acido solforico inglese*, ed è oggetto di una assai copiosa fabbricazione. Fra i varii processi adoperati a ciò ci limiteremo ad indicar il più seguito. Si fa anzitutto arder lo zolfo in appositi fornelli; la sua combustione produce acido solforoso, i cui vapori commisti ad aria e a vapor acqueo vengono condotti entro vasti recipienti di legno esattamente rivestiti di lamine di piombo, e chiamati perciò *camere di piombo*. Nella prima di queste che è di più piccole dimensioni, si depositano le materie straniere strascinate dalla corrente gasosa; un tubo di piombo conduce i vapori in una seconda camera, in cui si fa colare un sottil getto d'acido nitrico, che è contenuto in vasi posti all'esterno. Mentre la corrente dei vapori caldi fa volatizzare quest'acido nitrico, l'acido solforoso lo decompone, togliendogli una porzione di ossigeno colla quale si trasforma in acido solforico, intanto che l'acido nitroso diventa iponitrico NO_4

$$SO_2 + NO_5\ HO = SO_3\ HO + NO_4$$

Come fu accennato nel § 39 quest'acido iponitrico si scompone ben tosto in vapore acqueo e deutossido di nitrogeno, il quale rapidamente assorbendo nuovo ossigeno dall'aria, torna a ripristinarsi in istato d'acido iponitrico. Quindi il deutossido di nitrogeno è un intermezzo che assorbe del continuo il gas ossigeno per trasmetterlo all'acido solforoso, il quale alla sua volta si cambia in solforico, e così una data quantità d'acido nitrico può servire indefinitamente a questo medesimo uso. Ciò non toglie che non si abbiano dispersioni e perdite, che esigono un'aggiunta d'acido nitrico a quando a quando, cosicchè si ha bisogno di 10 litri di questo per convertire 100 kil. di zolfo in acido solforico. Il quale raccolto nelle camere di piombo viene poscia diluito con acqua, e riscaldato in un vaso distillatorio di platino. In tal modo i vapori d'acqua scom-

paiono, e rimane l'acido concentrato, che alla temperatura comune ha una densità di 1,843, e bolle soltanto a 326° C. Sebbene questi vasi distillatori sieno costosissimi, sono tuttavia per la loro darata preferibili alle storte di vetro.

A darci un'idea per quanto si può esatta del procedimento indicato per la preparazione dell'acido solforico, gioveranno le figure che qui presentiamo.

A, *A'* sono due fornelli nei quali si abbrucia lo zolfo; questi fornelli sono appaiati; l'uno di essi *A'* è nella figura rappresentato nel suo spaccato, onde si scorga la sua disposizione interna. Il solfo abbrucia in un'ampia lastra di banda di ferro. Il calore prodotto da questa combustione viene utilizzato per ottenere la quantità di vapore acqueo necessario alla reazione nelle camere di piombo. A

tal uopo si colloca una caldaia *V* in ciascun fornello, immediatamente al disopra della lastra in cui abbrucia lo zolfo. Un tubo *aa'a"* conduce questo vapore nelle varie camere.

I due fornelli comunicano con uno stesso camino *bb'*, che deve avere un'altezza non minore di 6 a 7 metri onde i gas acquistino una forza ascensiva abbastanza considerabile per attraversare le varie parti dall'apparecchio. Il camino *bb'* conduce il miscuglio di gas acido solforoso e d'aria atmosferica in un tamburo di piombo *BB*, in cui trovansi disposte alcune piccole tavolette di piombo inclinate. Si fa cadere sulla tavoletta superiore una corrente continua e regolata convenientemente, d'un acido solforico concentrato assai carico di prodotti nitrosi, di cui indicheremo più tardi l'origine. Quest'acido è contenuto nel vaso *R*. L'acido solforico cade in esili zampilli ed in cascate, lungo le tavolette e si riunisce nel fondo del tamburo. Una parte dei prodotti nitrosi reagisce sull'acido solforoso e lo trasforma in acido solforico; il resto si svolge allo stato di gas in mezzo al miscuglio gasoso di acido solforoso e d'aria atmosferica.

I gas sono trasmessi pel tubo di ghisa *c*, dal tamburo *BB'* in una piccola camera in piombo *C*, di 100 metri cubi circa di capacità, alla quale si dà il nome di *denitrificatore*. All'origine del tubo *c*, si fa arrivare nella camera *C* un getto di vapore sotto un'alta pressione, che fornisce l'acqua necessaria alla reazione dei gas nitroso, ossigeno ed acido solforoso. L'acido solforico prodotto cade sul suolo della camera *C*.

I gas passano poi pel tubo *d*, in una seconda camera *D*, avente a un dipresso le stesse dimensioni della prima. Al davanti dell'orifizio del tubo *d* è collocato un pezzo di terra cotta *u*, avente la forma d'un castello a parecchie cascate, alla cui sommità si fa cadere un filo continuo e convenientemente regolato d'acido nitrico. Questo acido è contenuto in vasi posti all'esterno della camera, che non sono rappresentati nella figura. L'acido nitrico è scomposto; si forma dell'acido solforico, ed i gas nitrosi prodotti nella reazione si mescolano coi gas solforoso e coll'aria atmosferica. L'acido solforico che si ottiene è carichissimo di composti nitrosi, esso cade sul suolo della camera *D*, e di là cola per mezzo d'un piccolo tubo, nella camera *C*, dove si trova a contatto con gas contenente molto acido solforoso che gli toglie i suoi prodotti nitrosi. Il suolo della camera *D* si trova, a tal uopo, un po' più alto di quello della camera *C*.

I gas sono condotti in seguito pel tubo *e* in una vasta camera *E*,

in cui avviene principalmente la reazione dei gas solforoso, nitroso ed ossigeno, poichè questi gas vi soggiornano a lungo. Getti di vapore arrivano in questa camera da parecchi punti. L'acido solforico prodotto si accumula sul suolo della camera *E*. Di sovente invece d'una sola camera vastissima *E*, se ne dispongono parecchie più piccole in serie l'una dopo l'altra.

I gas, all'uscire dalla camera *E*, non vanno ancora perduti nell'atmosfera. La temperatura in questa camera è elevatissima, ed una porzione piuttosto considerabile d'acido solforico vi esiste allo stato di vapore. Inoltre i gas contengono tuttora dei prodotti nitrosi che loro si ponno togliere, in modo da economizzare sulla spesa dell'acido nitrico.

Si fanno passare i gas, al loro uscire dalla camera *E*, attraverso a due tamburi di piombo *FG*, che servono di refrigeranti, e nei quali sono disposte delle tavolette che interrompono la corrente gasosa e facilitano così il deposito dei vapori. I gas passano di là in un terzo refrigerante *F*, raffreddato esternamente con acqua, finalmente arrivano in un ultimo tamburo di piombo *H*, che ha per iscopo di assorbire i gas nitrosi, e di là si sprigionano nell'atmosfera pel tubo *F*.

Il tamburo *H* è ripieno di grossi frammenti d'arso (*coke*) sostenuti da un diaframma *ss'*, sui quali si fa cadere una corrente continua di acido solforico concentrato, caricato di prodotti nitrosi che si porta in seguito pel tubo di piombo inclinato *mm'm''*, in un vaso *L*. Si è quest'acido solforico concentrato, e carico di prodotti nitrosi, che si fa poi risalire nel vaso superiore *R*, per farlo cadere di là nel tamburo *B*, ove si denitrifica. Una disposizione semplicissima, e frequentemente impiegata nelle fabbriche, serve ad innalzar facilmente quest'acido dal vaso *L* nel vaso *R*. A tal uopo, la parte superiore del vaso R comunica colla porzione inferiore del vaso *L* mediante il tubo *rr*; e la parte superiore del vaso *L* porta un tubo munito d'una chiave *r*, che s'impianta sul tubo generale di vapore *aa'a''*. Per far salire il liquido dal vaso *L* nel vaso *R* basta aprire la chiave *r*; la pressione del vapore nella caldaia, pressione che è sempre di parecchie atmosfere, si esercita allora alla superficie del liquido *L*, e lo fa salire al livello *R*. Si chiude la chiave *r*, quando il vaso *R* è pieno.

Disponendo l'apparecchio, come abbiamo ora descritto, si riuscì a ridurre di metà la quantità d'acido nitrico necessaria alla conversione di 100 kilogrammi di zolfo in acido solforico. Coi vecchi

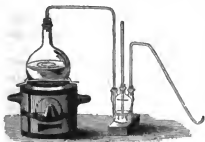
apparecchi si consumavano a tal uopo circa 8 chilogrammi d'acido nitrico; cogli apparecchi moderni, non se ne consumano più di 4 a 5 chilogrammi.

L'acido solforico idrato è senza colore, senza odore, causticissimo, liquido, e notevole per la sua capacità, per non dir avidità di combinarsi quanto può coll'acqua; talchè dall'aria umida, dalle sostanze vegetabili ed animali ne attrae i componenti, mettendo a scoperto il carbonio in quelle contenuto, ond'è che vengono quasi immediatamente annerite, carbonizzate e distrutte. E divien per ciò stesso un liquido pericolosissimo, quando sia in mano ad inesperto od incauto operatore. Nell'atto di mescersi coll'acqua dà luogo ad un forte riscaldamento, ond'è mestieri instillarvela a poco per volta, non mai d'un tratto, altrimenti per effetto del calore improvviso l'acido spruzzerebbe a distanza, nel modo stesso che fa l'acqua quando si getti sopra del grasso bollente.

L'acido solforico scioglie la massima parte dei metalli, ed ha tanta affinità cogli ossidi metallici da separarne quasi tutti gli altri acidi che si trovassero combinati con essi. Epperciò se ne fa uso come d'un mezzo d'assaggio della massima parte degli acidi quali sono il nitrico, il fosforico, l'acetico, il cloridrico, ecc. Esso è poi di una fondamentale importanza in moltissime grandi fabbricazioni chimiche, e se ne può aver la prova nel fatto, che nel 1840 avendo Napoli posto ostacoli all'uscita degli zolfi, l'Inghilterra stava per dichiarare la guerra a quel re, vedendo in pericolo imminente tutta la sua attività industriale. Imperciocchè di 1,880,000 ettolitri di zolfo che nel 1852 espontaronsi dalla Sicilia, ne andarono ben 700,000 nella sola Inghilterra. Da ciò si può aver un'idea dell'enorme consumo di questo acido, pensando che alcune grandi fabbriche impiegano annualmente da circa 100,000 ettolitri di zolfo e ne producono 300,000 d'acido solforico. I prezzi della soda, dell'acido cloridrico, del cloro, dei zolfanelli, delle candele, steariche, del cotone, della carta ecc., stanno in connessione diretta con quello dello zolfo, e si può sostenere che la estensione del suo uso in un paese è la misura dell'industria del medesimo. In Germania un quintale di questa sostanza viene a costar 6 fiorini.

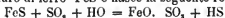
L'*acido solforico fumante* che è un miscuglio di acido anidro coll'idrato $= SO_3\ HO + SO_3$, può esser distillato di nuovo, torrefacendo prima il *vetriolo verde* (cioè il solfato d'ossidulo ferrico $FeO.SO_3$) e poi riscaldandolo fortemente in istorte di terra. È un liquido bruniccio, oleoso, a cui fu perciò dato il nome di *olio di vetriolo*, e che spande per l'aria vapori d'acido anidro, per la

quale proprietà come eziandio per quella di sciogliere l'indaco, si distingue appunto dall'idrato. L'acido fumante si fabbrica principalmente nell'Harz, e vien comunemente detto acido solforico di *Sassonia* o di *Nordhausen*. Con un blando riscaldamento entro una storta sviluppa vapori d'*acido anidro*, come si disse poc'anzi SO_3 i quali quando vengano raccolti entro recipienti freddi si rapprendono in cristalli lunghi aghiformi simili alla seta.

42. — L'*acido solforoso* — SO_2 si produce ogni volta che lo zolfo arde a contatto dell'aria: in questo stato abbrucia con fiamma azzurra formando un gas incoloro di odore piccante e soffocativo, cosicchè riesce pericoloso anche in piccola quantità. Esso assorbe di continuo l'ossigeno atmosferico e si converte in solforico. Se dentro una botte si accende una sufficiente quantità di zolfo, l'aria che vi è contenuta perde il proprio ossigeno, e con ciò il vino che vi si racchiude, perde da poi la proclività di divenire aceto. Il così detto *solforare* delle botti non ha adunque altro scopo, fuor quello di conservare il vino, col sottrarre l'ossigeno ambiente, e impedire la formazione delle muffe che gli sono tanto nocive. È inoltre quest'acido adoperato contro la scabbia; per imbiancare la paglia, la lana, le penne. A scopo chimico si ottiene l'acido solforoso dal solforico col riscaldare quest'ultimo in una storta unitamente ad altro zolfo ovvero a carbone, da cui gli viene sottratto 1 equiv. di ossigeno. Si usa anche prepararlo mettendo del mercurio o della tornitura di rame in un pallone qual è rappresentato dall'unita figura; ed aggiungendo dell' acido solforico concentrato. Riscaldato il miscuglio si sviluppa l'acido solforoso allo stato di gas che si fa passare attraverso una bottiglia con un po' d'acqua, che gli tolga tutti i vapori d'acido solforico.

Il gas acido solforoso si converte in liquido alla pressione ordinaria mercè un raffreddamento di circa —10°, e con una pressione doppia anche ad una temperatura di + 15°. Allora è scolorato, mobilissimo e con somma facilità si volatilizza, producendo un tale raffreddamento nel riprender la sua forma di gas, da congelare il mercurio, il che vuol dire un freddo di — 50° circa.

L'acido iposolforoso S_2O_2 si produce facendo bollire una soluzione di solfito di soda con zolfo; in tal caso ottiensi un iposolfito di soda $NaO.\ SO_2 + S = NaO.\ S_2\ O_2$. Ma da questo non si può separar l'acido senza decomporlo del tutto, ond'è che il medesimo finora non si conosce se non in combinazione colle basi.

43. — Lo zolfo e l'idrogeno non si uniscono mai direttamente, ma si ottiene una combinazione di questi due corpi HS ogniqualvolta si decompongono certi solfuri metallici col mezzo dell'acido solforico allungato con acqua. Si preferisce ordinariamente il solfuro di ferro FeS e nasce la seguente reazione:

$$FeS + SO_3 + HO = FeO.\ SO_3 + HS$$

Il composto è di natura acida, sotto forma di gas scolorato puzzolentissimo, soffocante; chiamasi comunemente *idrogeno solforato* o meglio *acido solfidrico.* Esso si genera altresì quando sostanze vegetabili o d animali sono in putrefazione, e quindi si svolge nelle cloache ove si fa tosto conoscere pel suo fetore, analogo a quello delle uova fracide. È venefico potentemente, tanto che uccide all'istante quando è inspirato in istato di purezza: ed a lui si devono appunto le asfissie, e le morti repentine di lavoranti occupati al vuotamento dei cessi e dei canali scaricatori dei pozzi neri, quando vi si accostano senza le dovute cautele. Il miglior antidoto è in questi casi l'inspirazione *cauta* dell'aria mescolata col cloro, che scompone l'acido solfidrico.

Quest'acido è solubile nell'acqua a cui comunica le sue proprietà, come si palesa nelle sorgenti dette solforose, che tenendo quel gas in soluzione diventano puzzolenti.

È pel chimico di speciale utilità il sapere come desso si comporti coi metalli pesanti e coi loro ossidi. Quando si ponga in una soluzione di questi (p. e. dell'ossido di piombo), lo zolfo si unisce subito col metallo, costituendo un composto *insolubile* che si depone immediatamente sotto forma di sedimento di *colore speciale.* Perciò suol dirsi che l'idrogeno solforato precipita i metalli che sono in soluzione, convertendoli solfuri: e abbiamo con ciò un mezzo molto comodo e prezioso per riconoscere la presenza loro in una soluzione come altresì per separarneli.

Coll'idrogeno solforato vengono precipitati *in nero bruno* o *affatto nero* il piombo, il rame, il bismuto, il mercurio, l'argento, l'oro, il platino, l'ossidulo di ferro (*), il cobalto (*) ed il nikel (*),

in *bruno* l'ossidulo di zinco	in *bianco* lo zinco (*)
in *giallo* l'ossido di stagno e l'arsenico	in *incarnato* il manganese (*)
	in *ramiato* l'antimonio.

Tutti i metalli segnati coll'asterisco (*) vengono precipitati quando si trovano in soluzioni in cui predomini l'ossido, ossia *basiche*, gli altri da quelle che sono *acide*.

Allorchè vediamo un cucchiaio d'argento diventar nero pel contatto di certe vivande, specialmente di pesci ed uova, quando le pitture recenti, nelle quali entra il carbonato di piombo, ossia la biacca, al vuotar delle latrine anneriscono, ci sarà facile intender come ciò derivi soltanto dal formarsi un solfuro metallico. Gli utensili d'argento anneriti riprendono il loro color naturale collo sfregarli con un po' di sale di cucina (cloruro di sodio).

5. Cloro.

Segno Cl=35,5; Densità=2,44. Un litro di questo gas pesa 3,17 grammi.

44. — Il Cloro trovasi quasi esclusivamente nel regno minerale, e per lo più unito col sodio, combinazione che tutti conoscono sotto il nome di sale di cucina, che è per i chimici un *cloruro* di *sodio*, Na Cl. In istato libero poi lo si ottiene riscaldando l'acido *cloridrico* (od idroclorico) con un po' di perossido di manganese, secondo lo schema qui sotto indicato:

Cl_2	H_2 ... = 2 equiv. acido cloridrico
Mn	O_2 ... = 1 » perossido di manganese
$MnCl_2$= cioè 1 equiv. di doppio cloruro di manganese, che col riscaldamento si decompone in cloruro semplice MnCl, e in *cloro libero*.	2 HO = 2 equivalenti d'acqua.

Il cloro è affatto differente dai gas sopra descritti: ha un colore debolmente citrino, ed un odore soffocante e tutto proprio. Ove se ne respiri, irrita fortemente i polmoni, e viene considerato come venefico, da trattarsi perciò dagli operai che ne devono far uso colle dovute cautele. È solubile nell'acqua in ragione d'un doppio volume, e comunica alla soluzione le sue proprietà (*acqua clorata*).

45. — Combinazioni del Cloro. — Verso le altre sostanze il cloro manifesta una affinità grandissima, che supera in alcuni casi quella stessa dell'ossigeno. Attacca l'oro e tutti gli altri metalli, distinguendosi principalmente per la sua affinità somma coll'idrogeno, talchè ove questo si trovi unito con altre sostanze,

egli cerca sempre di attrarlo a sè per formare con esso un composto *cloridrico* ClH. Quindi siccome tutti i corpi vegetabili ed animali contengono idrogeno, così sono senza eccezione distrutti quando vengano collocati entro il gas cloro. Se una tale immersione ha luogo per breve tempo, la distruzione si opera soltanto alla superficie. Di codesta proprietà sebbene per sè pericolosa si seppe tuttavia usufruttare con parecchie applicazioni importantissime. Siccome la maggior parte delle sostanze colorite del regno vegetabile, nonchè tutti i gas fetidi che si generano dalla corruzione delle piante e dei corpi animali contengono idrogeno, così basta che sien posti a contatto col cloro, perchè questo si approprii il loro idrogeno e si mutino le condizioni dei corpi medesimi. Quindi viene adoperato utilmente all'imbianchimento, alla ripulitura di molti oggetti, ed alla disinfezione dell'aria. La dissoluzione acquosa è di sovente impiegata nei laboratorii e nelle arti; e quando si circondi di ghiaccio, se ne depone sul fondo dei recipienti una materia fioccosa cristallina d'un giallo verde più intenso del liquido che la contiene, la quale è un idrato di cloro.

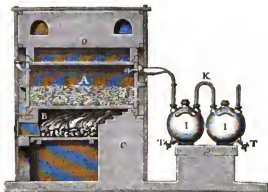
Il cloro forma coll'ossigeno 5 combinazioni, di cui le più importanti sono l'*acido clorico* ClO_5 e il *cloroso* ClO_3; e siccome questi sono uniti sempre con basi, così la loro descrizione avrà luogo più tardi; bastando qui accennare la composizione di ciascheduno:

1°	Acido	ipocloroso	= ClO
2°	»	cloroso	= ClO_3
3°	»	ipoclorico	= ClO_4
4°	»	clorico	= ClO_5
5°	»	iperclorico	= ClO_7

Mescolando fra loro parti eguali di cloro e di idrogeno, si combinano insieme con immediata e violenta esplosione, semprechè sieno sottoposti alla diretta luce del sole. All'ombra, ovvero al lume di candela si possono tener questi due gas in una bottiglia senza rischio, perchè la combinazione non ha luogo che lentamente. Questo è uno dei più interessanti chimici esperimenti.

Versando sul sale di cucina dell'acido solforico, e raccogliendo il gas che si svolge (cloridrico HCl o muriatico) nell'acqua fino a saturazione, si ottiene l'acido cloridrico; liquido scolaroto, d'odore analogo al cloro e di sapore acido, meno bruciante però del nitrico e del solforico. Siccome nella sua produzione si adopera del sale, vien perciò detto comunemente da alcuni *acido salino* (*Salzsäure* da' Tedeschi). Esso d'ordinario è preparato in grande nelle

fabbriche sovratutto di soda, e rade volte nei laboratorii. È un prodotto di picciol costo, che però in commercio non si ha mai perfettamente puro, ma contien sempre un po' di cloruro di ferro, come mostra il suo colore giallognolo. Per ottenerlo si usa riscaldar in grandi cilindri di ghisa il sal marino *A*, fig. 20, con acido solforico, per modo che il gas cloridrico svolgentesi, sia condotto

Fig. 20.

a traverso diversi recipienti di pietra pieni sino a metà d'acqua a 16° R. E quando si voglia depurare, si distilla. Un volume d'acqua ne discioglie 470 volumi e il liquido così saturato è perfettamente scolorato, è conosciuto col nome di acido *cloridrico* o *muriatico fumante*, come quello che tramanda vapori; ha un peso specifico = 1,21, e contiene 42 p. 0/0 ClH. Bolle a 88° R. e ridistillato contiene soltanto 20 p. 0/0 di acido, ed ha una densità = 1, 10. I suoi usi sono molto importanti e svariati, specialmente in medicina, in molte arti chimiche e soprattutto per ottener il cloro gasoso.

L'acqua regia od acqua da orefici è la mescolanza d'una parte d'acido nitrico e 4 di cloridrico; riscaldata acquista tosto un colore giallo, perchè l'ossigeno del nitrico ossida l'idrogeno dell'acido cloridrico, cosicchè rimane del cloro libero e dell'acido sottonitrico. Un tal liquido scioglie il platino e l'oro, e da quest'ultimo che gli alchimisti chiamavano *re dei metalli*, gli derivò il nome di *acqua regia*; converte rapidamente i metalli in cloruri ed agisce eziandio come energico ossidante.

6. Bromo.

Segno Br=80; Densità=2,97.

46. — È questa una delle sostanze meno abbondanti in natura, conosciuta soltanto dal 1826, e che non si trova se non in piccole quantità combinata al sodio ed al magnesio fra i sali dell'acqua marina, e in alcune sorgenti minerali, com'è quella di *Kreuznach* (prov. Renana Pruss.), la quale di tutte le conosciute finora è quella che mostrasi meglio fornita di bromuri metallici.

In istato di purità il bromo è liquido di colore rosso bruno oscuro, d'odore particolare che ricorda il cloro, e a 7° C. si rapprende in una massa laminare grigiastra. È venefico; senza applicazione finora alle arti, anche a cagione dell'elevato suo prezzo, ma adoperato soltanto in medicina, mediante l'uso delle acque saline che lo contengono. — Mezzo chilogrammo costa 5 fiorini. — Esso forma coll'ossigeno un acido che può ricavarsi dal bromato di potassa; coll'idrogeno un acido bromidrico, e si unisce allo stato di bromuro con diversi metalloidi e metalli.

7. Jodio.

Segno J=127; Densità=495.

47. — Quantunque più sparso del precedente, l'jodio è anche esso nullamano tra le sostanze più rare; e fu scoperto soltanto nel 1812. Esiste combinato col sodio e col magnesio nelle acque marine, e in quasi tutte le piante e materie animali che trovansi nel mare. Moltissime fonti minerali contengono eziandio di siffatte combinazioni jodiche; e tra esse vuolsi notare come quella che ne abbonda più ch'altre l'acqua *di Sales* nel territorio di Voghera.

L'jodio è solido, grigio nero, cristallino e lucente, simile alla grafite, d'un odore speciale disgustoso, che somiglia un po'a quello del cloro; colorisce la pelle e le sostanze vegetabili in giallo rosso, indi in *bruno* quando vi resta per qualche tempo in contatto, ma la macchia sparisce poi prontamente. Riscaldato si converte in un vapore bellissimo *violetto carico*, il quale col raffreddamento si ricondensa in laminette nere e lucenti. Si distingue oltrecciò pel comunicare che fa una tinta violetta intensa all'*amido*, la quale azione rende facile lo scoprire così la sua presenza in un corpo, come quella dell'amido stesso. — Mezzo chilogrammo costa 9 fiorini.

Tanto solo quanto associato a metalli, è sempre venefico; locchè però non toglie che esso, opportunamente adoperato, entri nel novero de' più validi ajuti che posseda la medicina, sovratutto come mezzo atto a prosciogliere gl'infarcimenti glandulari, il gozzo e la scrofola. L'olio di fegato di merluzzo, le aringhe, la spugna usta, contengono jodio, e in parte devono a questo la loro efficacia medicatrice.

Si ottiene l'jodio sottoponendo l'joduro di sodio con maganese, ed acido solforico alla distillazione. Riguardo alle proprietà sue, come a quelle delle sue chimiche combinazioni, notasi grande analogia fra esso il bromo ed il cloro; cosicchè i tre corpi costituiscono un gruppo dotato di caratteri somiglianti.

Delle combinazioni dell'jodio la più importante è l'joduro d'argento per la sua squisita prontezza a sentir l'azione della luce. Sciogliendo l'jodio nell'alcoole, aggiungendo alla soluzione ammoniaca liquida, si ottiene un precipitato nero, formato da jodio e nitrogeno, la cui formola è A_2Io_3 il qual joduro di nitrogeno, quando sia asciugato, si scompone intieramente al più leggiero contatto, con una detonazione violenta, e spesso anche spontaneamente. Perciò un tale sperimento non vuol tentarsi se non in piccolissime quantità e con molta precauzione. Le affinità dell'jodio per gli altri corpi sono più deboli di quelle del cloro. Forma tuttavia 3 combinazioni coll'ossigeno:

1° Acido ipoiodico $= IoO_4$
2° » iodico $= IoO_5$
3° » iperiodico $= IoO_7$

coll'idrogeno forma acido *iodidrico* HIo, composto poco stabile, e facilmente separato dal cloro e dal bromo.

8. Fluorio.

Segno $Fl = 19$.

48. — Lo spatofluore — minerale esistente in molti luoghi, ma sempre in masse non molto considerevoli è una combinazione del fluorio col calcio Ca Fl. Il fluorio è un corpo gasiforme la cui preparazione ed il cui studio incontrano grandi difficoltà, perchè stante la sua energica affinità esso intacca tutti i vasi, compresi quelli di vetro e di platino, e non si potè mai fino ad ora ottenere isolato se non in vasi di spato fluore, decomponendo col cloro il fluoruro d'argento.

L'acido fluoridrico, FlH si sviluppa in forma di vapore acido piccante e odoroso quando si versi dell'acido solforico nello spatofluore, e si riscaldi blandamente il miscuglio. Se questi vapori vengono a contatto col vetro, l'acido silicico che ne è un elemento SiO_3 viene decomposto; e si forma fluoruro di silicio volatile $SiFl_3$ ed acqua. Di codesta proprietà si giovò l'industria manufattrice per operare sul vetro, e disegnarvi figure o assottigliarne la grossezza in certi punti affine di dar rilievo ad altri. A tale scopo stendesi sovra una lastra di vetro uno strato sottile di cera o di vernice da incisore, s'annerisce sulla fiamma d'una candela, e si segna colla punta d'un ago il disegno che si desidera. Così preparata la lastra, si colloca sulla bocca d'un vaso abbastanza largo di piombo, nel quale sia mescolato dello spatofluore con acido solforico, assoggettandolo a dolce calore. Nello sprigionarsi dei vapori fluorici, il vetro, in tutti quei luoghi in cui la cera è stata levata dall'ago disegnatore, viene intaccato, e scorsi 10-20 minutl se di là si tolga la lastra dopo che fu riscaldata e detersa, restano in evidenza le cose disegnate. I vapori sono però nocivi, intaccano anche la cute, e richiedono molta cautela.

Combinazioni del fluorio coll'ossigeno sin qui non si conoscono.

9. Fosforo.

Segno P=31; Densità=1,826.

49. — Quantunque il fosforo sia sufficientemente copioso in natura per modo che da per tutto si possan rinvenir nei terreni alcùni sali fosfatici, tuttavia esso non si raccoglie mai fuorchè in quantità molto mediocri. È contenuto in molte piante, che servono di alimento all'uomo, e diventa così un elemento essenziale del suo organismo. Infatti il cervello, la massa nervosa, le uova, le carni, ne contengono; ma in quantità molto maggiore si trova raccolto nelle ossa, allo stato di fosfato calcareo, di guisa che tutto il fosforo ch'è in commercio vien estratto dalle ossa medesime. Da uno scheletro umano che pesa da 5 a 6 chilogrammi si potrebber ricavarne da 1/3 a 2/3 di chil.

Per ottenere il fosforo bisogna cominciare a preparare prima una sua combinazione, che è l'acido fosforico; e questa si ha trattando le ossa calcinate coll'acido solforico. Il quale s'unisce alla calce sotto forma di sale insolubile $CaO.SO_3$ e ne scaccia l'acido fosforico, che mediante la svaporazione si concentra e si raccoglie in istorte di terra mescolato alla polvere di carbone. Il

fosforo, mercè l'azione di forte calore liberato dall'ossigeno per opera del carbone, vien distillato e si condensa in recipienti pieni d'acqua.

Il fosforo allo stato di purità è un corpo senza colore, trasparente, molle come la cera, e facile ad esser tagliato col coltello. Esposto alla luce diventa ben presto giallo, rosso ed opaco. All'aria tramanda vapori bianchi d'odore agliaceo, risplendenti nella oscurità; lo che deriva dalla sua ossidazione e dal costituirsi in istato di acido fosforoso PaO_3. Riscaldato in una storta si fonde a 44° C.; bolle a 290° e può essere distillato; nell'aria s'accende a 70° C., e brucia con luce vivissima divenendo acido fosforico PO_5. La facile sua accensione lo rende pericoloso, stantechè il solo calore della mano, massime se concorra lo sfregamento, basta per determinarla. Epperciò suolsi tenere sempre custodito in recipienti di vetro, immerso nell'acqua, richiedendosi molta oculatezza negli esperimenti, se non si vuole esporsi a sensibili lesioni e scottature dolorosissime.

Quando il fosforo si tenga per lungo tempo riscaldato in vasi ripieni di gas idrogeno a 240°; soffre un singolar cangiamento; si converte cioè in un corpo rosso bruno che appellasi *fosforo amorfo*, immutabile sotto l'azione dell'aria, infiammabile soltanto a 200° C. e fuori del contatto dell'aria a 240° C.; ma riscaldato riprende le qualità proprie del fosforo comune. La singolare differenza fra codeste due specie di fosforo sta non tanto nella diversa chimica composizione, quanto più specialmente nella differente disposizione delle sue molecole (*allotropia*).

Il fosforo è solubile nell'etere, nei grassi, e negli olii, e le soluzioni che ne derivano furono adoperate, sebben assai di rado, in medicina. Internamente preso è un veleno potente, ond'è, che fattane una pasta con otto parti di farina ed acqua calda, diventa un potente ammazzatore di sorci e di topi (*pasta badese*).

La facile accensibilità del fosforo fu cagione che si adoperasse di preferenza per farne i *fiammiferi a sfregamento;* per la cui composizione ordinariamente si prendono — 4 parti di gomma, 4 d'acqua, e se ne forma una pasta mucilaginosa, che si riscalda, aggiungendovi poscia 1 $^{1}/_{4}$ parte di fosforo, 2 parti di nitro e 2 di minio, il tutto mescolato con molta accuratezza. In questa massa inflammabile si tuffano le punte degli stecchi prima intrise di zolfo.

La storia del fosforo ha un interesse speciale, per essere questo corpo stato scoperto per accidente nel 1669 da Brandt, uno di quegli alchimisti che andavan tormentando con ogni sorta di espe-

rimenti la natura, affine di comporre dell'oro. Da principio, stante la sua rarità e la singolarità delle sue proprietà, vendevasi a peso d'oro; ora il suo prezzo è di 2 ¹/₂ fiorini per mezzo chilogrammo, e vi sono officine che ne producono ben 50 chilogrammi per giorno: prova evidente del perfezionamento a cui può essere condotta questa fabbricazione, e come una industria animata dall'aumentato consumo di un oggetto, sappia trovar mezzi d'accrescerlo in quantità e bontà, scemandone il prezzo ad un tempo.

50. Combinazioni del fosforo. — Forma coll'ossigeno 3 acidi:

l'acido fosforico $= PO_5$
» fosforoso $= PO_3$
» ipofosforoso $= PO$.

L'acido fosforico anidro P_4O_5 si ottiene in forma di una neve bianca col far abbruciare il fosforo sotto una campana di vetro (fig. 21). L'acido fosforico idrato P_4O_5HO rimane deposto in forma d'una materia vitrea, quando il fosforo sia stato ossidato coll'acido nitrico, e svaporata l'acqua superflua con forte calore in un crogiuolo di platino. Nell'assorbire l'acqua esso può far passaggio ad un secondo grado di idratazione $P_4O_5 2HO$, e ad un terzo $P_4O_5 3HO$: il primo ed il secondo dei quali idrati formano coll'ossido di argento un sale bianco insolubile; il sale d'argento col 3° idrato è giallo.

Fig. 21.

L'acido fosforoso si ha mediante un lento abbruciamento del

Fig. 22.

fosforo nell'aria umida; il *sottofosforoso* P_4O, si forma contem-

poraneamente col gas idrogeno fosforato; PH_3 quando si riscaldi un po'di fosforo in un crogiuolo *a*, fig. 22, unitamente a soluzione di potassa: questo gas idrogeno fosforato, o *fosfuro d'idrogeno* è scolorato, ha un pessimo odore di pesce marcio, ma ad un tempo la singolare proprietà di accendersi da se medesimo appena è in contatto dell'aria, mandando una nube di fumo che si spande a foggia di anelli.

Oltre a questo composto gasoso, il fosforo ne forma coll'idrogeno due altri; l'uno liquido più ricco di fosforo, e l'altro solido ancor più fosforato.

Codesto corpo si combina inoltre coll'azoto formando un fosfuro $A_3{}^{*}P_4$, di color bianco; collo zolfo in varie proporzioni, producendo composti più combustibili di se stesso; col cloro in due proporzioni, coll'jodio, e con altri corpi semplici.

10. Arsenico.

Segno As=75; Densità=5,5.

51. — L'arsenico ha tante delle proprietà dei metalli che può dirsi l'anello d'unione fra questi e i metalloidi, ed anzi da molti viene ascritto tra quelli. Infatti il suo aspetto è metallico lucente, e il suo peso specifico assai ragguardevole.

Si trova ora in istato nativo, ora in combinazione collo zolfo o con metalli propriamente detti, quali il ferro, il rame, il nikel, il cobalto. Essendo volatile si sprigiona facilmente da essi colla sublimazione (V. Fisica, § 139). Allo stato nativo esso ricevette poche applicazioni, ed è conosciuto sotto il nome di *cobalto testaceo*, che non è da confondere col metallo propriamente chiamato cobalto, e di *veleno moschicida*. Il vapore dell'arsenico ha un odore penetrante di aglio.

Combinazioni dell'arsenico.

L'acido arsenioso A_2O_3 si ottiene riscaldando l'arsenico all'aria; il che fa che si innalzino vapori bianchi, i quali si rapprendono in una polvere fina, detta *farina arsenicale*, od *arsenico bianco*. Quindi col nome di *arsenio* dinotano alcuni particolarmente il metalloide, e sotto quello di *arsenico bianco* è volgarmente inteso l'*acido arsenioso*. Il quale è inodoro e insipido, poco solubile nell'acqua e velenosissimo, qualità pur troppo sovente messa a profitto a scopo delittuoso, in guisa da render gli avvelenamenti col-

l'arsenico i più frequenti. Essi s'annunziano generalmente con vomiti e coliche, che finiscono con orribili convulsioni e colla morte. Antidoto può essere il *sale amaro* MgO, e specialmente poi l'*ossido idrato* di ferro $Fe_2O_3 . HO$, il quale forma cogli acidi arsenicali una combinazione insolubile innocua sul corpo umano.

È importante sotto il riguardo giuridico di aver la prova d'un veneficio operato coll'arsenico; e questa non può ottenersi se non si rinvenga nel corpo dell'avvelenato il veleno stesso, e se ne constati l'esistenza. Nello accurato esame degl'intestini o delle vivande vomitate non è raro trovare minutissime particelle d'arsenico, dacchè per la sua pesantezza si depone facilmente. Un polviscolo foss'anche non più esteso della punta d'un ago serve

Fig. 23.

ad accertarci se esiste o no il veleno anzidetto. Basta collocar la materia sospetta entro un cannello di vetro (fig. 23) con un pezzetto di carbone, ed esporla a calor d'incandescenza. Se la sostanza esplorata contiene veramente acido arsenioso, l'ossigeno si unisce al carbone rovente, mentre si deposita sulle pareti del tubo un anello nero lucente d'arsenico metallico.

L'acido arsenioso viene adoperato in alcune arti, come nelle fabbriche di vetro, e così pure per colorire, ovvero per estirpare animali nocivi, ed i funghi del legno. *L'acido arsenicico*, AsO_5, si ottiene facendo bollire il metallo con acqua regia in eccesso, ed evaporando a secco la soluzione. In tal caso si hanno cristalli bianchi di acido idrato.

Fig. 24.

Il gas *idro-arseniato* AsH_3 si suol produrre col mettere insieme dell'acido arsenioso con dello zinco e dell'acido solforico in un apparecchio gasificatore: e si presenta scolorato, accensibile con fiamma bianca ed è prontamente micidiale; ha odore nauseoso particolare. Tenendo in quella fiamma una capsula di porcellana (fig. 24), vi si generano delle macchie nere lucenti di arsenio metallico dette *specchio arsenicale*, e questo fenomeno si presenta colle più minime quantità d'arsenico, cosicchè questo è uno dei buoni mezzi per iscoprirlo. Anche

il *gas idrogeno antimoniale* SbH_3 si forma e decompone sotto uguali circostanze, ma lo specchio antimoniale che si produce in tal guisa è nero scuro, ed una soluzione di cloruro calcico che scioglie lo specchio arsenicale, lascia intatto quello d'antimonio.

Solfuro d'arsenico. — Dell'arsenico metallico si hanno due combinazioni collo zolfo, cioè: 1° il *solfuro giallo* AsS_3 detto anche *auripigmentum*, od *orpimento*, il quale si trova anche in natura ed è usato, sebbene raramente, pel suo bel colore giallo; 2° l'arsenico *rosso* AsS_2, ovvero *realgar*, o *zolfo rubino* che si ottiene col fondere insieme solfo ed arsenico. Questo preparato chimico si usa nelle tintorie, e nei miscugli pei fuochi d'artificio in aggiunta a quello di bengala. Si impiegano d'ordinario 24 parti di nitro, 2 di zolfo, 7 di realgar, sottilmente polverizzati, ben mescolati, e quindi accesi.

11. Carbonio

Segno C=6.

52. — Questa sostanza che si presenta sotto forma così umile, merita la nostra speciale attenzione per molti riflessi; primieramente perchè sono singolari le diversità di apparenza e di condizione che essa può assumere e quindi tali anche le sue proprietà, in secondo luogo perchè le sue funzioni relativamente alle piante e agli animali così per se medesima, come per le sue combinazioni le danno nella natura una importanza tanto ragguardevole quanto è quella che ha lo stesso ossigeno.

In modo ancor più sorprendente di quel che abbiam indicato nel fosforo, abbiam nel carbonio conferma del principio stabilito nel § 11 della Fisica, che tutta la massa di qualsiasi corpo consiste in un aggregato di particelle infinitamente piccole e numerose dette atomi, riunite insieme per la loro forza di coesione, e che non tanto la forma particolare delle medesime, quanto, e più ancora il modo col quale sono reciprocamente collocate, influisce a determinare nei singoli corpi una differenza di proprietà. Le svariate specie del carbonio renderebbero necessaria una descrizione particolare di ciascheduna; ma basti dire in generale, che il carbonio cristallizzato, il carbone che esiste delle piante, quello degli animali, il minerale, ciascun de' quali offre aspetti così differenti hanno tuttavia certi caratteri comuni, dai quali si può stabilire essere il carbonio un corpo solido senza odore, insipido, infusibile, non gasificabile,

che non può fondersi con altre sostanze, fatta eccezione per quella qualità di ferro che chiamasi ferro fuso.

53. — Il carbonio *cristallizzato*, ossia il *diamante*, già da remote etadi per la sua durezza, trasparenza, per lo splendore straordinario, per la sua facoltà di rifrangere la luce nei suoi colori, eccitò l'attenzione anche dei popoli più rozzi, cosicchè codesti singolari caratteri, uniti alla sua rarità lo elevarono al più sublime grado di prezzo di tutte le gemme. Esso ha maggior densità di qualsiasi specie di carbonio, essendo il suo peso specifico =3,52 com'è altresì il più duro, non essendo intaccato da nessun altro corpo congenere. Essendo tuttavia fragile, si lascia non solo rompere, ma sì anche ridurre in polvere al modo stesso che può essere rotta e polverizzata la più dura delle lime.

Si rinviene di solito nei così detti *terreni di alluvione*, costituiti dal disfacimento delle più antiche masse montuose, i cui frantumi specialmente nelle Indie orientali (Golconda) nelle occidentali (Brasile Perù) nell'Ural (Siberia) vennero trasportati dalle acque nelle valli e nelle pianure. La penosa ricerca di codesti brillanti granelli, che in generale viene fatta col mezzo degli schiavi, non pagherebbe presso di noi la spesa del grande lavoro, tanto che se taluno dei nostri grandi fiumi volgesse pure qualche diamante fra le sue acque, difficilmente si troverebbe chi volesse occuparsi di farne incetta, come vediamo, per lo stesso motivo di fatica e di non compensato dispendio, essersi abbandonati i lavori intrapresi in parecchi fiumi per le sabbie aurifere.

I così detti diamanti greggi rinvenuti nei lavacri, acquistano il loro particolare pregio soltanto perchè vengono lavorati. Non potendo verun altro corpo intaccare il diamante, così si usa anzitutto digrossarlo collo sfregare due diamanti greggi, l'un contro l'altro, e si raccoglie la polvere finissima che se ne stacca, la quale serve poi a far loro acquistare, mediante l'arrotatura, quelle faccette brillanti e regolari che lo rendono prezioso. Allorchè queste faccette sono piccole, prendono i diamanti il nome di *brillanti*, e di *solitarii* quando son grandi. Si legano *a giorno* in argento od in oro o si dà loro un sostrato nero, nel qual caso si dicono *scaglie*.

Non conosciamo le condizioni per concorso delle quali il carbonio si cristallizza assumendo la forma di diamante, ed è verosimile che non si giungerà mai a formarne uno artificiale.

Soltanto nel 1694 si ebbe la convincente prova che due corpi in apparenza così disparati, quali sono il diamante e il carbone

sono una sola ed identica sostanza. E ciò fu dovuto al solo caso, poichè nel tentare di fondere varii piccoli diamanti, essi sparirono del tutto. Osservazioni più diligenti mostrarono ch'erano stati abbruciati completamente, cioè che unitisi all'ossigeno avean formato acido carbonico CO_3, corpo che si comporta egualmente come quello prodotto dall'ordinario carbone che si abbrucia. Quando invece si riscalda il diamante a qualsiasi calore coll'esclusione dell'aria in un vaso chiuso, esso rimane completamente qual era, cioè affatto immutato.

Questo corpo non è però un oggetto di semplice vanitoso compiacimento per l'uomo, ma è pure di qualche utilità per tagliare il vetro il che è esclusivamente dovuto alla sua grande durezza.

Nessun'altra specie di carbonio è così pura, così scevra da miscuglio straniero, come il diamante, e si può quindi considerarlo purissimo ed esclusivo carbonio.

54. **Carbonio delle piante, o Carbone vegetabile.** — È quello che si ottiene dalle materie di cui porta il nome. Tutte le parti vegetabili senza eccezione contengono carbonio, che può essere separato in infiniti modi diversi, ma siccome quelle racchiudono altresì idrogeno ed ossigeno, essenziali elementi della loro composizione, in modo che chimicamente possono formolarsi con Cz HyOz, così basta arderle fuori del contatto dell'aria, per far che questi due ultimi principii, uniti in forma di acqua, sieno separati, e vi resti il solo carbonio. Introducendo a poco a poco un tizzone acceso entro un tubo da assaggio (fig. 25) esso arde al di fuori con fiamma, mentre dentro il tubo si riduce a carbone.

Fig. 25.

In grande, la cosa stessa si pratica per ottenere appunto il *carbone di legna* anche dalle piante più dure, specialmente dal faggio in cataste a ciò appositamente apprestate (fig. 26). Le legne stratificate opportunamente sono coperte di fuori con terra e con erbe, poscia accese di dentro a poco a poco, e siccome quel coperchio non lascia passaggio che a pochissima aria, così tutta la catasta si converta in bragie. Dapprima esce solo l'ossigeno coll'idrogeno, entrambi prodotti di combustione, e rimane quasi tutto incombusto il solo carbonio. Certo anche di questo si disperde una parte considerabile, specialmente quando più com-

pleta è la combustione delle altre sostanze: e perciò allo scopo di scemare siffatta dipersione si adopera oggidì il metodo di non ispinger la carbonizzazione troppo oltre, ma di sospenderla ad un certo grado e se ne ritrae di tal guisa il così detto *carbon rosso.*

Fig.26.

Si può ritenere che 100 parti di legna asciutta all'aria contengano

20 per °/₀ d'acqua compresa nei pori
40 » d'idrogeno e ossigeno
40 » di carbonio.

Quindi su 100 parti si hanno appena 80 di vera legna, e di queste 40 sole posson ridursi a carbone. Pure anche la più accurata carbonizzazione non somministra più di 25 parti, anzi il più sovente di 20 sovra 100 di legna.

Il carbone di legna è straordinariamente poroso, e perciò di picciol peso specifico; quello di faggio è = 0,187, ed un piede cubico di esso, compresi gl'interstizi, si calcola pesante da 4 — 4 1/2 chilogr. Pure bene considerata la densità del carbone di legna è maggiore di quella dell'acqua; sebbene sornuoti sovr'essa a cagione dell'aria racchiusa entro i suoi vani, quando sia ridotto in polvere cola al fondo. Il carbone inoltre è notevole per la facoltà da lui posseduta in sommo grado d'attirare entro la sua porosità la umidità e l'aria, e quindi di condensarla producendo riscaldamento, e talvolta combustione spontanea. Cinquanta chilogrammi di carbone contengono in media 12 °/₀ d'acqua igroscopica, 85 °/₀ di carbonio, e 3 °/₀ di cenere. Agitando dell'acqua corrotta da gas solfidrico od ammoniaca, con polvere di carbon di legna calcinato di recente, quei due gas fetidi scompaiono completamente e l'acqua può ridiventare potabile. Intorno a codesto potere assorbente si consulti il § 32 della Fisica. Anche le materie coloranti vengono dal carbon vegetabile attirate, sebben in grado

minore di quello faccia il carbone animale che descriveremo in altro luogo. Esso è inoltre cattivo conduttor di calorico e la elettricità viene nel suo stato ordinario molto imperfettamente condotta, ma lo è assai bene per converso quando esso sia nello stato di accensione.

Il carbone ligneo è utilizzato in molti usi tecnici, e sovratutto per concentrare in piccolo spazio un fuoco assai forte. Di gran momento poi è la sua applicazione quale mezzo *disossigenante*, cioè atto a sottrarre l'ossigeno dagli ossidi, nell'atto che esso medesimo si converte in acido carbonico. Quasi tutti i metalli, sopratutto il ferro, si ottengono puri adoperando un incandescente calore per agire mediante il carbone sugli ossidi loro mescolati. Dopo questa applicazione importantissima è l'altra alla fabbricazione della polvere da cannone, che tanto contribuì a mutar le condizioni della società umana.

Il carbone è quasi affatto inalterabile dall'aria alla ordinaria temperatura, del tutto poi dall'acqua e dalla terra. Avviene perciò che si rendano di ben più lunga durata i pali piantati nel suolo quando le loro punte siano previamente carbonizzate, come altresì che meglio si conservi l'acqua nei trasporti marittimi, quando si abbia cura di chiuderla in botti, le cui pareti siano internamente carbonizzate.

Al carbone di legna ridotto in sottilissima polvere appartengono anche il nero vegetabile ed il nero fumo delle lampade, il primo dei quali è adoperato pei coloramenti più grossolani, il secondo pei più fini. Si può avere il primo abbruciando resine o legname resinoso con imperfetto accesso d'aria, e dirigendo il fumo sotto una cappa, dentro cui la fuligine si raccoglie e deposita. Il *nero di Frankfort*, ossia il nero da stamperia, è un carbone ottenuto dalla carbonizzazione in vasi chiusi della feccia del vino, finissimamente polverizzato; conviene però lisciviarlo per toglierne i materiali solubili nell'acqua ; si adopera principalmente nella composizione dell'inchiostro onde si servono gl'incisori. Il *nero di Vienna* si prepara carbonizzando un misto di torba e di carbon fossile; il *nero di Spagna* carbonizzando il sughero.

Tutti questi carboni vegetabili non devono però considerarsi come puri, perchè nell'ardere lasciano sempre addietro un po' di cenere; la sola fuligine delle lampade ben accese è un carbonio chimicamente quasi puro.

55. —Il *carbone animale* è quella massa nera che resta dopo la carbonizzazione di sostanze animali: diverso dal precedente

tanto nelle proprietà sue esterne quanto in alcune chimiche. Astrazione fatta dalle sostanze grasse proprie degli animali, che si comportano analogamente per ogni riguardo alle sostanze grasse dei vegetabili, noi intendiamo per materie animali specialmente la carne muscolare, la pelle, le materie cornee ed i capelli, le cartilagini, la gelatina delle ossa ed il sangue. Ammesso che tutte queste sieno in istato di secchezza, cioè prive d'acqua, risultano tutte costituite secondo la massa dei loro elementi precipui di circa

55	parti di carbonio
22	» d'ossigeno
7	» d'idrogeno
16	» di azoto
100	parti di sostanze animali

e contengono oltrecciò un po' di zolfo e alcuni sali. Sottoposti all'azione del calorico si gonfiano, si fondono e friggono allo stesso tempo e finiscono col lasciar per residuo un carbone dotato di lucentezza metallica, e in parte d'aspetto simile alle scorie metalliche. Questo non è carbonio puro, perchè oltre i sali fosfati e solfati contiene altresì una copiosa quantità di *azoto*, cosicchè a ragione piglia il nome di *carbone azotato*. Ciò non di meno esso suol essere preferito per dar origine a certe chimiche combinazioni che formano la base della fabbricazione del bleu di Berlino, e che noi sotto il nome di *cianogene* impareremo più sotto a meglio conoscere.

56. Carbone delle ossa, detto anche *nero d'avorio* è un carbone animale ottenuto dalle ossa, sottoposte a combustione incompleta. Dobbiamo considerare le ossa come formate da due tessuti cellulari intrecciati l'uno nell'altro; il primo composto di *gelatina* e *cartilagine*, il secondo d'una sostanza solida costituita da fosfato calcareo e conseguentemente incombustibile. Infatti possiamo abbruciare le ossa all'azione ed esposizione piena dell'aria, e mentre la cartilagine arde completamente, vedremo rimanere addietro intero il tessuto calcareo sotto forma di masse bianche, dure, che soglionsi denominare, *ossa calcinate*.

Il carbone di questa natura si distingue specialmente per la sua attitudine a combinarsi colle materie coloranti disciolte ed a toglierle a' liquidi in cui si trovano stemperate. Si agiti un liquido, quale, p. e., il vino nero, l'inchiostro rosso con una cucchiaiata di questo carbone, e si otterrà travasandolo leggermente un liquido limpido come l'acqua. Per la qual cosa si

adopera nella depurazione e raffinamento dello zucchero, perchè ne estrae le sostanze che lo colorano in bruno, e lo rende bianco e lucente. Molte altre materie vengono pure con tal mezzo liberate dal principio colorante che ne altera la purezza.

Il carbone delle ossa è impiegato sovente esso stesso per dar il colore in nero, come vediamo nella preparazione comune del lucido per gli stivali, che si fa unendo 2 parti di esso con una e 1|2 di acido solforico, con 2 parti di sciroppo, il tutto ben istemperato ed impastato con acqua.

57. La **Grafite** o matita nera, è un minerale che trovasi nelle roccie primitive formato di carbonio, coll'aggiunta di un po' di ferro; e si può averlo anche artificiale nelle fusioni di questo metallo nelle fornaci. Ha colore grigio nero, splendore metallico, che si appanna lasciando traccia di sè sulla carta, e viene perciò adoperato sotto la forma di *lapis* per i disegni. La sua ontuosità la rende acconcia a dare scorrevolezza alle superficie, e diminuire gli attriti, ond'è che se ne compongono col grasso, o cogli olii dei miscugli da spalmarne l'asse delle ruote. La sua infusibilità poi fa sì che essa sia prescelta per la fabbricazione di crogiuoli refrattarii dei quali si servono i fonditori di metalli. Un carbone minerale men puro è *l'antracite*, più somigliante al carbon fossile, che lascia ardendo un residuo di cenere terrosa; saranno ambedue più particolarmente descritti nella parte mineralogica.

Il *carbone fossile*, l'*ampelite* e la *torba* sono pure sostanze organiche carbonizzate, prodotte da spontanea decomposizione dei vegetabili, delle quali, come della proprietà loro, si terrà discorso in altro luogo.

58. Combinazioni del **carbonio.** — Coll'ossigeno si combina il carbonio in più modi: direttamente forma l'acido, e l'ossido carbonico; ma indirettamente la natura e l'arte determinar possono altre combinazioni, come sono alcuni acidi organici, dei quali principalissimo l'acido ossalico.

1. *L'acido carbonico* CO_2 è un gas senza colore, nè odore, sempre più o meno misto coll'aria atmosferica nella proporzione di 2 sopra 5000 parti. Si presenta oltrecciò in molti minerali combinato ad ossidi metallici, e specialmente alla calce, formando con essa delle intere montagne.

Si vien producendo del continuo questo acido dalla combustione e dissoluzione di corpi contenenti carbonio, dalle fermentazioni, e dalla respirazione degli animali. La sua quantità nell'aria do-

vrebbe perciò continuamente venir aumentando, se non fosse com'è, del pari assorbito incessantemente dai vegetabili e mantenuto così nell'atmosfera in un maraviglioso equilibrio. Avremo occasione di considerare più da vicino questa importantissima relazione fra l'acido carbonico, ed il mondo vegetabile ed animale.

Ad ottenere l'acido carbonico si fa uso per maggior comodo del carbonato di calce CaO, CO_2 p. e., del marmo polverizzato, su cui si versa una certa quantità di un acido qualunque, purchè più forte, quale sarebbe il solforico, o il nitrico. L'acido carbonico tosto si scioglie dalla sua combinazione colla calce, e si sviluppa sotto forma di vescicole aeriformi, dando luogo ad una specie di bollimento che dicesi *effervescenza;* segno questo caratteristico delle combinazioni carboniche, esplorate con acidi forti.

Introducendo entro ad un vaso ripieno di quest'acido un corpo acceso, questo si estingue incontanente: vi muoiono dentro improvvisamente uomini ed animali, di soffocazione. La sua densità è = 1,5 cioè di metà maggiore dell'aria; un litro di gaz acido carbonico pesa 1,967 grammi; ond'è ch'esso precipita negli strati inferiori dell'aria, come farebbe uno siroppo versato in un bicchiere d'acqua, nè si mescola insieme a quella se non a poco a poco. — Se al fondo del cilindro (fig. 27), si tiene un lume acceso, e vi si fa pervenire da un altro vaso lentamente codesto gas, il lume si estingue appena il medesimo arriva a livello della fiamma. Nelle cantine dove fermenta molta quantità di mosto o di birra, lo strato inferiore dell'aria è occupato da solo gas acido carbonico, e dà luogo perciò ad asfissie e soffocazioni quando colui che si occupa di quelle preparazioni si curva troppo colla persona. Epperciò convien sempre nelle dette cantine mantenere una corrente d'aria che ne lo spazzi, ovvero una certa quantità di calce usta sciolta nell'acqua la quale si tenga di spesso agitata acciocchè lo assorba. Per gli asfissiati di gas carbonico il miglior aiuto si è il far respirare ed odorare il così detto spirito di sale ammoniaco.

Fig. 27.

Dagli strati profondi della terra in qualche luogo ove stanno in continua decomposizione corpi forniti di carbonio, escono correnti d'acido carbonico simili a zampilli d'acqua. Allorchè in tali siti, massime nelle regioni vulcaniche, si pratichino delle aperture a certa profondità, si sente prorompere con istrepito quel gas. Quindi è che si trova raccolto nel fondo delle sorgenti, nelle

opere di escavazione montana, e può diventarvi cagione di frequenti disgrazie. Presso Napoli la *grotta del cane* contiene uno strato di questo gas fino ad un piede di altezza, lo che fa sì che mentre l'uomo può penetrarvi senza pericolo, un cane vi resta asfissiato e muore tosto che giunge là dentro, perchè immerso in una soffocante atmosfera.

L'acido carbonico è solubile nell'acqua, e le comunica un gusto fresco-piccante e debolmente acidulo; nell'agghiacciarsi essa ne svolge sempre una certa quantità, ma v' hanno poi delle sorgenti che ne sono abbondantemente saturate che si conoscono col nome *d'acque acidule*, quali sono quelle di Selters, di Recoaro, di Courmajor ed altre. Anche altri liquidi, e in gran numero, si trovano carichi di questo acido, quali sarebbero quelli che

Fig. 28. Fig. 29.

sono prodotti da fermentazioni, come il vino recente, la birra, il vino di Sciampagne. L'acqua a 12° R. ne scioglie un volume uguale al proprio, ma sotto forte pressione ne può racchiuder una quantità molto maggiore, come è provato dall'applicazione che se n'è fatta nell'economia domestica cogli apparecchi *gasogeni*, o a produzione di gas, mediante i quali si effettua la fabbricazione delle acque e delle bevande dette acidule e gasose — E' di facile e comune uso la bottiglia gasogena del Liebig, della quale presentiamo il disegno nella (fig. 28 e 29), anche della sua

interna costruzione. Questa bottiglia, come si vede, è divisa in due scompartimenti: il superiore *C* (fig. 29) della capacità d'un litro è destinato a contenere il liquido che vuolsi saturare di gas acido carbonico. Si colloca la bottiglia orizzontalmente, s'apre il foro *b* dello scompartimento inferiore *B*, e vi si pone la dose di 14 grammi d'acido tartarico cristallizzato, e 16 grammi di bicarbonato di soda, diluiti con un po' d'acqua. Chiusa tosto l'apertura, e riposta in posizione verticale la bottiglia, l'acido carbonico che si svolge dalla decomposizione del bicarbonato sodico passa per piccoli fori *a* aperti nella parete divisoria *A* dei due scompartimenti, dall'inferiore al superiore, e siccome esso invaderebbe naturalmente uno spazio quadruplo di quest'ultimo, così farebbe pressione sul liquido che vi è contenuto, forzandolo ad uscire pel canellino che vi è immerso nel mezzo, se alla sommità della bottiglia non ne fosse impedito da una valvula che lo chiude e vi forma pressione. Quando si apre la valvula esso esce infatti con getto forte e vibrato. Avvertasi che nel riempiere la bottiglia è sempre indispensabile lasciare un pò d'aria, altrimenti scoppierebbe il recipiente.

Quando l'acido carbonico si trova fortemente compresso in addatti apparecchi, si converte in un liquido, il quale tolta la pressione, torna tosto a gasificarsi appropriandosi una gran quantità di calorico (V. Fisica, § 155) il quale produce nei corpi in contatto un raffreddamento perfino di 80°-90° R., atto ad agghiacciare una parte degli stessi acidi liquidi. In ciò abbiamo un significante esempio, ed una prova del principio espresso nella fisica, che lo stato dei corpi essenzialmente dipende dalla temperatura.

2. *Ossido di carbonio* CO, vien detto quel grado infimo di ossigenazione del carbonio che si produce quand'esso sia messo in combustione con una insufficiente quantità d'aria. Questo gas brucia con fiamma azzurra, la quale si può osservar di sovente anche nelle fiamme delle lampade ordinarie e in quelle delle bragie del carbone, e si converte così in acido carbonico. Un tale ossido è così venefico che in un'aria che ne contenga alcuni centesimi gli animali periscono in breve ora; all'uomo cagiona cefalea, ottusità di sensi, e finalmente soffocazione, quando egli si trovi in una camera chiusa ove arde carbone.

59. Combinazioni del carbonio coll'idrogeno. — Il carbonio si unisce all'idrogeno formando una lunga serie di combinazioni solide, liquide, ed aeriformi, delle quali però le prime, come spet-

tanti alla Chimica organica verranno trattate più tardi. Le aeriformi sono:

1. Il gas carburo d'idrogeno o protocarburo semplice C_2H_4
2. » e il doppio o percarburo . . . . C_4H_4

Questi due gas non si formano per concorso diretto dei due corpi ma per la decomposizione di combinazioni organiche specialmente vegetabili, le quali, come già si è detto al § 54, sono composte secondo la ordinaria formola $C_x\ H_y\ O_z$

Il *gas idrocarbonico semplice* o *protocarburo d'idrogeno* si genera nella macerazione di sostanze vegetabili nell'acqua, ed è detto anche *aria infiammabile delle paludi*, o *mefite*. In qualche luogo esso tanto abbondantemente esala dalla terra, che queste sorgenti gasose, una volta accese, seguono ad ardere perennemente, come si vede nel fuoco sacro di Bakù presso al mar Caspio. Il detto gas è scolorato, senza odore, accensibile con fiamma debole, della densità di 0,559, quindi più leggiero del gas

Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32.

acido carbonico, e distinto perciò da taluni col nome di gas *idrocarbonico leggiero*. Misto all'aria ed acceso, detona con uno scoppio simile a quello del miscuglio tonante accennato al § 32.

In certe miniere carbonifere se ne produce in quantità grandissima e quando s'unisce all'aria fa esplosioni terribili allorchè i lavoratori per caso vi accendono fuoco. Di siffatto modo gran numero d'infelici a cagione di codesto gas da lor chiamato *moffetta*, hanno perduta la vita. Il moltiplicarsi di tali disgrazie condusse gli scienziati a studiar mezzo di prevenirle. Davy se ne occupò con buon esito, e giunse alla scoperta delle così dette *lampade di sicurezza* (fig. 30 e 31) che consistono in una delle solite lanterne ad olio, circondata tutto all'intorno da un sottil graticcio di fil di ferro. Portata entro ad un'atmosfera ove trovisi il pericoloso gas, questo entra pel graticcio bensì, e si accende nell'interno; ma la fiamma a cagione del tessuto metallico soffre una tale sottrazione di calore, da estinguersi così che non si comunica al di fuori. Di siffatto raffreddamento operato dalla tela metallica si può aver prova facilmente coll'introdurre un tessuto simile nella fiamma d'una candela, la quale vedremo che non può uscir fuori dalla rete, mentre liberamente vi passano i gas ed i vapori, come si scorge nella (fig. 32).

Il gas delle miniere trovasi contenuto per gran parte nel miscuglio che serve alla illuminazione.

L'idro carbonio (C_4 H_4) *doppio* o *deuto carburo d'idrogeno* si ottiene della decomposizione dell alcool ($= C_4$ H_6 O_2) quando si unisce a questo dell'acido solforico in dose di 6 parti, e si pone al fuoco; si estrae altresì dalla decomposizione a caldo delle sostanze organiche. È senza colore, accensibile, e manda, quand'è acceso, una luce assai viva, della densità di 0,978, e perciò denominato *gas pesante* per distinguerlo dal precedente; produce una materia oleosa (*gas oleofaciente*) quando è unito al cloro; ad un calore incandescente si decompone in carbonio, e idrogeno, e protocarburo.

60. Preparazione del Gas. — Il gas che serve alla illuminazione, e che perciò fu denominato *gas luce* è il principale prodotto del miscuglio dei carburi poc'anzi descritti. Essi si generano sempre che si riscaldino ad un certo grado le sostanze organiche. Quando accendiamo una candela, non facciamo che porre in attività una piccola fabbrica di gas; ma in questo caso quelli che si sviluppano vengono tosto abbruciati e consunti nel sito e nel momento medesimo del loro svolgimento, mentre nelle fabbriche ordinarie si raccolgono e custodiscono in particolari recipienti, che furon detti *gasometri*.

Quindi è che tutte le sostanze animali sono suscettive di som-

ministrare gas luce: oggigiorno si usufruttano a quest'uopo quasi unicamente il carbon fossile e la legna; e nei soli casi di deficienza di questi si può ricorrere alle resine ed al grasso.

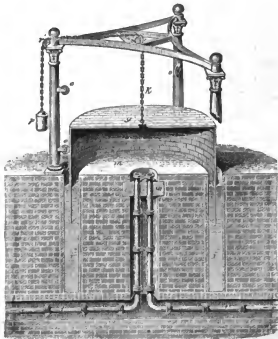
61. **Il Gas del carbon fossile** fu introdotto in Inghilterra nel 1798, ottenendolo dalla distillazione di questa sostanza. Esso risulta essenzialmente di circa 70 fino ad 80 % di carbonio, di 5 ad 8 % di ossigeno e 5 % d'idrogeno; contiene però eziandio delle piccole quantità d'azoto e di deutosolfuro di ferro FeS_2, che nel processo si scompone anch'esso, formandosi ammoniaca NH_3 ed acido solfidrico SH.

La fabbricazione del gas si distingue in tre parti, cioè nello svolgimento, nella depurazione, e nel raccoglimento e nella successiva distribuzione del medesimo. La prima di queste operazioni, lo svolgimento, si effettua dentro a storte cilindriche d'argilla allungate, di cui si può veder lo spaccato nella fig. 33. Di codeste ve

Fig. 33.

n'ha d'ordinario 5 per ogni stufa, riempite di carbon fossile secco ed assoggettate ad un fuoco d'incandescenza, sotto il quale si sviluppa il gas, ma impuro di vapore di catrame, d'acido solfidrico e d'ammoniaca, con qualche poco d'acido carbonico. Perciò esso è condotto lungo il cilindro orizzontale *ii*, ove il catrame si depone, e di tratto in tratto si scarica per mezzo del robinetto *k* affine di adoperarlo ad altri usi. Anche l'acqua si condensa ivi dentro insieme all'ammoniaca che contiene. Così dopo una prima depurazione passa per varii recipienti in cui sta stratificata della calce umida sovra del musco, destinata a sottrargli l'acido solfidrico e il carbonico. In quanto al gas ammoniaco si suole liberarnelo col farvi passare dell'acido solforico. Purificato con tutti questi mezzi il gas

luce si raccoglie nel gasometro (fig. 34); il quale è un vasto recipiente di lamina di ferro a tenuta d'aria, chiuso e pieno d'acqua, fornito d'un contrappeso *p* e perciò facile ad esser sollevato. Quando il gas entra per mezzo del tubo *t'*, innalza il coperchio del gasometro *g* finchè il recipiente sia pieno, nel qual caso chiudesi la

Fig. 34.

valvula del tubo immittente. Quando poi si voglia far penetrare nei tubi scaricatori per essere trasportato ai varii luoghi della sua destinazione, basta aprire il rubinetto del tubo *t*; compresso allora uniformemente dal gasometro esso esce per di sotto adagio adagio, mentre il coperchio si abbassa di mano in mano che il gas diminuisce, fino ad affondarsi nell'acqua. Questo gasometro poi vien circondato tutto intorno da una cinta in muratura.

62. — Il gas del carbon fossile è un miscuglio dei due idrocarburi con ossido di carbonio ed idrogeno in quantità molto differenti secondo la qualità del carbone adoperato e il processo

della fabbricazione. Sul principio della distillazione il gas deutocarburo che per certo è la sua parte più pregevole, ne costituisce circa il quinto, ma sul termine e ad un fuoco più forte, si decompone e perciò diminuisce di proporzione, intantochè aumenta l'idrogeno.

Il residuo delle storte è un carbone poroso grigio nero, che appellasi *coke* o *arso* adoperato poi nella combustione ordinaria.

Il gas luce è senza colore, d'odore specifico derivante dall'espansione di olii volatili che contiene sempre, e che accrescono la sua potenza luminosa, non intorbida l'acqua, non annerisce le soluzioni di piombo, non arrossa la tintura di tornasole, nel qual caso sarebbe impuro d'acido carbonico solfidrico, nè quella di curcuma, il che indicherebbe la presenza dell'ammoniaca; ha una forza illuminante che si determina col fotometro, ed è dimostrata tale, che una fiamma prodotta da esso equivale a quella di 10-12 di candele di cera della stessa dimensione. Premesso che non contenga acido carbonico, sarà tanto più preferibile quanto maggiore il suo peso specifico, e quindi quanto più nella sua composizione entrerà di deutocarburo d'idrogeno. In media la sua densità è metà di quella dell'aria, ond'è che oggidì se ne fa uso nei palloni aereostatici a preferenza del gas idrogeno, che sebbene più leggiero, è d'altronde di gran lunga più costoso.

È utile e vantaggioso raccogliere i gas che si sviluppano in sul finire della distillazione, perchè quantunque essi possiedano poca forza illuminante, ne hanno molta calefacente, e posson servire a riscaldare, sotto il nome comune di *gas calorifero*.

63. Gas pirolegnoso. — Venne per la pima volta ottenuto in Monaco nel 1851 e introdotto in altre città della Germania questo gas ottenuto colla combustione delle legne e quindi colla conversione in gas del catrame che si va producendo; la distillazione si opera in una storta che abbia una capacità tripla del carico di legna che vi si mette dentro. Il gas che si svolge ha il vantaggio di non abbisognare di esser depurato dall'acido solfidrico e dall'ammoniaca; è però difficile liberarlo dalla grande quantità di acido carbonico che contiene. Come prodotto accessorio si ottiene l'aceto pirolegnoso, ed il carbone di legna.

Una fiamma ordinaria consuma ogni ora 4-5 piedi cubici di questo gas: 1000 piedi cubici di gas del carbone fossile costano a Berlino 3 fiorini, in Magonza 5; la stessa di quantità di gas pirolegnoso costa in Monaco e in Darmstadt 6 fiorini. Ne producono

mezzo chilogr. di carbòn fossile 4 $^1/_2$ fino a 5 piedi cubici; *id.* di legna 4 $^1/_4$, *id.* d'olio 22-25; *id.* di resina 13.

61. La Fiamma. — I corpi gasiformi accesi danno origine ad una fiamma, come altresì alcuni liquidi e solidi, quando dal calore necessario ad accenderli sono da prima convertiti in vapore, o decomposti in prodotti gasosi. Quindi l'idrogeno, il gas luce, l'alcool, l'olio, lo zolfo, il fosforo, il legno, e alcuni fra i metalli come il potassio, lo zinco, ardono con fiamma. Nessuna fiamma per contrario si genera dall'accensione del carbonio e del ferro che non sono suscettivi di volatilizzare.

I corpi solidi non tramandano viva luce se non quando sono incandescenti e perciò le fiamme che ardono senza avere un sostegno di sostanze solide incandesenti spandono luce assai poco vivace, come avviene dell'idrogeno, del protocarburo d'idrogeno e dell'alcool. Il deutocarburo d'idrogeno è dotato invece d'una luce assai splendente perchè si decompone durante la combustione in semplice protocarburo ed in carbone, il quale ultimo suddiviso finamente riman sospeso dentro la fiamma, diventa un corpo bianco arroventato, e così propaga una luce forte e vivace. L'acido fosforico solido e bianco che si sviluppa dalla combustione del fosforo, tramanda una luce abbagliante, nè diversamente si comportano l'arsenico e lo zinco. La pallida e debole fiammella dell'idrogeno e del gas tonante è suscettiva anch'essa ad irradiare una luce assai brillante quando si collochi una spirale di fil di platino, od un pezzo di calce nel suo interno.

Fig. 35.

Se ci facciamo ad esaminar la fiamma comune di una candela (fig. 35) possiamo osservare in essa tre parti distinte: quella di mezzo che è la più interna *aa'* appare oscura non lucente; essa è formata dai gas e vapori prodotti dalla decomposizione della materia combustibile; lo strato che succede ad essa è solo luminoso, perchè qui comincia la sua accensione col separarsi del carbonio in istato di incandescenza. Il margine poi più esterno o l'involucro della fiamma *bcd* splende meno, perchè coll'immediato contatto dell'ossigeno aereo ha luogo la completa combustione, cosicchè questa è pure la parte più bruciante della fiamma d'una candela. Da ciò si può rendersi ragione come avvenga che un pezzo di fil di ferro, o di tessuto metallico, posto di traverso alla fiamma (fig. 32) faccia sì che sotto di esso la medesima prenda in certo modo la forma del calice d'un fiore, avente nel mezzo il lu-

cignolo della fiamma. Lo stesso si scorge nel tessuto circondato da uno strato di vapore oscuro, e dall'anello lucido metallico; nel mezzo v'ha una macchia nera, prodotta da carbone sottilissimo (fuligine) circondata da un cerchio lucente.

Dove l'aria entra in modo incompleto nella combustione non s'abbrucia tutto il carbonio della fiamma, ma una sua porzione è convertita in nero fumo; epperciò le lampade così dette d'*Argand* danno la più forte e vibrata fiamma cilindrica, stantechè ivi l'aria può entrar così dall'esterno come dall'interno. Anche il gas luce arde con fiamma fuliginosa; ma perciò appunto si suol dare a questa una forma più espansa simile a quella dell'ala d'un pipistrello. Volendo adoperare questo gas come mezzo di riscaldamento, bisogna farvi entrare dell'aria con uno speciale apparecchio, acciocchè questa si mescoli ad esso prima ch'entri in combustione. Come poi la fiamma si modifichi *essenzialmente* colla insufflazione dell'aria, lo indicheremo nella descrizione del tubo ferruminatorio nella parte mineralogica.

Carburo di Nitrogeno o Cianogene, $C_2N{=}Cy$.

65. — Il **carbone** si combina in certe circostanze coll'azoto, specialmente quando il carbone contenente nitrogeno si arroventi (§ 55) con un metallo. Le due sostanze si uniscono in un sol corpo C_2N, che fu detto *Cianogene*, che si combina col metallo.

Il cianogene si ottiene trattando a fuoco il *cianuro di mercurio* (HgCy) ed ha la forma d'un gas incoloro d'odore piccante che acceso arde con fiamma di un bel rossetto fior di persico. Esso per la sua maniera di combinarsi offre tanta analogia col cloro, col bromo, coll'iodio, che per questo riguardo sembra potersi aggruppar con essi. Perciò invece di C_2N per designarlo si usò il segno più semplice Cy.

La denominazione di cianogene significa nulla più che generator di materia azzurra, e così fu chiamato perchè col ferro forma quel composto di bel colore cilestro che si denomina l'*azzuro di Berlino*.

Coll'idrogeno esso dà origine all'acido cianidrico, che si ottiene scomponendo i cianuri metallici e specialmente quello di mercurio coll'acido muriatico (cloridrico), $Hg\,Cy + ClH = CyH + ClHg$. Un tale acido è un gas incoloro, di odore specifico e forte di mandorle amare, solubile nell'acqua a cui comunica le sue proprietà. Esso è tra più potenti e formidabili veleni,

specialmente quand'è in istato liquido, denominato comunemente *acido prussico*. Una goccia del medesimo posta sulla lingua d'un cane, lo uccide all'istante; ond'è che vuol esser maneggiato colle più diligenti precauzioni, e bisogna aver cura di non respirarne i vapori. Diluito con molta acqua vien tuttavia somministrato come medicamento, e le mandorle delle frutta a nocciuolo, specialmente le mandorle amare, come pure le foglie del lauro ceraso, che ne contengono alcun poco, sono perciò impiegate in medicina nonchè nelle pasticcierie, e nell'acqua spiritosa di ciliegie (Kirschwasser).

Carburo di zolfo, CS_2.
Peso specifico 1,294; Bollitura a 48° C.

66. — Quando si fa arroventare del carbone di legna entro una canna di ferro, o di argilla introducendovi dello zolfo per una delle aperture, cosicchè i vapori di questo debbano attraversare il carbone, que' due elementi si congiungono in un composto volatile che raccolto e condensato in un apparato refrigeratore, diventa un liquido limpido come l'acqua. È desso il carburo di zolfo ed è una prova manifesta del modo con cui per mezzo d'una chimica combinazione le proprietà dei singoli componenti si occultano totalmente. Dallo zolfo solido e *giallo*, e dal carbone solido e *nero* si ha una materia *liquida*, affatto limpida sommamente volatile, di odore sgradevole e forte d'aglio, molto rifrangente la luce, per modo che le più belle immagini colorate (V. Fisica § 181) appaiono guardando a traverso il vaso che lo contiene. Se si pongono in un vetro da orologio poche goccie d'acqua, e sovr'esse si versi un po' di carburo di zolfo, accelerando col fiato la vaporizzazione del liquido, l'acqua si agghiaccia in pochi secondi. Il carburo di zolfo scioglie con facilità lo zolfo, il cauciù o gomma elastica, le resine, gli olii e i grassi, ed è usato per *vulcanizzare*, come suol dirsi, la gomma elastica e per estrarre il grasso dalle sostanze. — Mezzo chilogr. costa L. 1.

12. Silicio.

Segno Si=21,3.

67. — Il *silicio* non trovasi mai altrimenti che combinato, ma la sua combinazione coll'ossigeno, ch'è l'*acido silicico* SiO, è uno de' principali componenti della maggior parte dei minerali

terrestri, talmente che possiamo ammettere formar esso una delle parti fondamentali solide del nostro globo.

Separato dall'ossigeno si ottiene o in forma di cristalli grigioneri, splendenti, lamellari, ovvero in polvere di color bruno grigiastro, non volatile, la quale riscaldata nell'ossigeno si converte di nuovo in acido silicico di color bianco.

Combinazioni del silicio. L'*acido silicico* SiO_3 si distingue per i differenti stati in cui si trova, e per i gradi diversi di purezza.

Il *cristallo di monte* quale si rinviene specialmente nella montagna del S. Gottardo è puro acido silicico cristallizzato. Anche il *quarzo bianco*, e la *selce renana* contengono poche sostanze estranee, le quali in abbondanza vi sono invece commiste nella pietra focaia, nell'agata, nella corniola, nel diaspro, nella sabbia e nel ciottolo d'Egitto, di cui parleremo nella mineralogia. Tutte però queste materie si distinguono per la durezza propria dell'acido silicico, perchè danno scintille vivaci quando sien battute coll'acciarino. Quest'acido si fonde soltanto ad un fuoco fortissimo; cogli ossidi metallici si combina ad un calore d'arroventamento componendo una serie di combinazioni tecnicamente importanti, tra le quali sono il vetro, la porcellana, e le stoviglie.

Se l'acido silicico viene arroventato con un'aggiunta di alcali caustici, p. e., potassa o soda, forma combinazioni solubili nell'acqua, dalle quali, col versarvi sopra un forte acido, si può separar il debole acido silicico in forma di massa gelatinosa, che col disseccamento si tramuta in polvere bianca e leggiera. L'acido silicico così separato è *solubile* nell'acqua pura, ma perde questa sua proprietà quando sia riscaldato.

In tale stato di solubilità è contenuto nella maggior parte delle sorgenti, cosicchè può penetrar nei vegetabili, de' quali sembra essere un elemento necessario, come il sal marino è per gli uomini, specialmente per le erbe, e pei gambi de' cereali che ne contengono di molto, come si rileva poi dalle loro ceneri. Le proprietà che hanno alcune erbe (carex) di tagliare, dipende dalla deposizione di piccoli duri cristalli d'acido silicico nelle cellule della loro corteccia. Gl'involucri di alcuni animali molli, e di certi polipi consistono parimenti di questo acido.

Esso è senza sapore, dotato di poco energiche affinità, e perciò comunemente appellasi *terra silicea;* si lascia disciogliere sotto qualunque forma dall'acido fluoridrico; coll'idrogeno forma un gas che si accende spontaneo all'aria.

—

13. Boro.

Segno B=11.

68. — Il *boro* appartiene alle sostanze che non sono molto abbondanti in natura, e si trova principalmente in alcuni laghi vulcanici in combinazione coll'ossigeno, e perciò in forma d'*acido borico* BO_3; e da questo si ricava tanto in istato solido, cioè in cristalli duri quasi come il diamante, quanto in laminette grafitiformi o in polvere del colore del cioccolatte, per modo che il carbonio, il silicio ed il boro nelle loro esterne proprietà hanno ragguardevoli concordanze.

L'acido borico si deposita dall'acqua in quelle regioni vulcaniche sotto la forma d'una polvere bianca, e si rinviene in alcuni siti di Toscana. D'ordinario si ricava dal *borace*, o borato di soda trattandolo coll'acido cloridrico. Depurato si presenta in laminette cristalline scolorate, solubili nell'alcool, alla fiamma del quale comunicano un bel color *verde*, di cui si fa uso per illuminazioni colorate. Sebbene sia un acido debole, pure quando si fonde coi sali ne scaccia tutti gli altri acidi, atteso che non è volatile. Per la qual cosa cogli ossidi metallici dà formazione a combinazioni vetrose.

II.

Metalli.

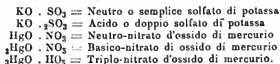
69. — I metalli tutti, eccettuato il mercurio, sono solidi, capaci tuttavia di liquefarsi per l'azione di un forte calore, il qual cambiamento di stato appellato *fusione* è il mezzo per cui a temperatura ancora più alta possono anche ridursi in vapore. Sono i migliori conduttori della elettricità e del calorico, e levigati che sieno acquistano quella *lucentezza* che dicesi appunto *metallica*, la quale deriva dalla riflessione della luce da essi effettuata. La massima parte hanno una densità considerevole, una coesione forte, che li rende suscettivi di esser piegati e compressi sotto il

martello, e di lasciarsi stirare in fili più o meno lunghi e più o meno sottili.

Quasi tutti mostrano grande affinità coll'ossigeno, col quale per lo più esistono già combinati nella natura. Gli ossidi metallici in confronto dei non metallici si presentano più specialmente quali combinazioni di carattere *basico*, non essendo che a pochi tra loro impartita la proprietà di far le veci di *acidi*. E questi pure hanno sempre affinità più deboli dei potenti acidi prodotti dallo zolfo, dall'azoto, dal fosforo e dal cloro. Il più gran numero degli ossidi metallici è insolubile nell'acqua.

L'affinità dei metalli per l'ossigeno si rivela specialmente nel loro modo di operare sull'acqua; dalla quale alcuni se lo appropriano alla temperatura ordinaria, altri al grado della bollitura. altri soltanto quando sieno arroventati; e non v'ha che l'ultimo gruppo di essi che non lo tolga ad essa in veruna circostanza. Le diverse gradazioni di ossidamento sono state già riferite al § 27. Dalla combinazione degli ossidi metallici o delle *basi* cogli acidi ha origine quella importante classe di composti che prese il nome di *sali*. La composizione loro si esprime colle formole generali MO.ROn in cui M indica metallo, R radicale dell'acido, *n* il numero dell'equivalente d'ossigeno.

Si distinguono i *sali neutri*, nei quali per ogni equivalente d'ossigeno della base entra anche un equivalente di acido; i *sali acidi*, che contengono maggior quantità d'acido; i *sali basici* che ne contengono meno di quanto corrisponde alle anzidette proporzioni, come si scorge dalle seguenti formule:

$KO . SO_3$ = Neutro o semplice solfato di potassa
$KO . {}_2SO_3$ = Acido o doppio solfato di potassa
$HgO . NO_5$ = Neutro-nitrato d'ossido di mercurio
${}_2HgO . NO_5$ = Basico-nitrato di ossido di mercurio
${}_3HgO . HO_5$ = Triplo-nitrato d'ossido di mercurio.

Non si ha riguardo speciale al modo d'agire dei sali sui colori vegetabili, perchè, p. e., il carbonato di potassa $KO.CO_2$ si comporta a guisa d'un alcali, mentre invece il solfato d'allumina $Al_2O_3.3SO_3$ si mostra acido, sebbene ambidue debbano considerarsi egualmente come sali neutri

Sali doppi si dicono le combinazioni d'un sale con un altro sale; aventi ambidue il medesimo acido comune, come si può veder nella formola dell'allume che è uno degli esempii più evidenti di questo genere, proveniente dal solfato di potassa unito a quello d'allumina $= KO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3$.

Sendochè ogni acido può congiungersi con qualsiasi base, ne viene che si ha una serie infinita di sali le cui proprietà sono determinate ora dall'acido ora dalla base. Così, p. e., i sali nitrici e clorici operano ossidando rapidamente e porfino con detonazione gli altri corpi in forza del loro acido. Nei sali sodici prevale il sapor della base che è appunto salato, i potassici invece sono salso-amari, i magnesiaci amari, gli alluminosi dolciastri astringenti.

Cogli *acidi idrogenati* si decompongono gli ossidi metallici come negli esempi che daremo più sotto; i cloridrici con ossido di potassio si decompongono con produzione di acqua e di cloruro potassico: $ClH + KO = HO + KCl$.

Col *cloro* si combinano i metalli nel modo più pronto, formando per lo più combinazioni *neutre* dette *cloruri*, che hanno molti esterni caratteri analoghi a quelli dei sali: essi sono infatti solubili in acqua, e di rado perciò posson trovarsi puri in natura. Simili al cloro sono per questo riguardo l'*jodio*, il *bromo*, il *fluorio* il *ciano* (§ 65), e si uniscono facilmente ai metalli; cosicchè per questa attitudine a comporre con essi composti d'apparenza salina, si sono detti *salificatori* (halogeni) e conseguentemente i loro composti *sali aloidi* per distinguerli dagli ossigenati, o sali *ossiduli*. Per la denominazione di tali combinazioni presenteremo come esempio i seguenti:

Hg_2Cl = Cloruro di mercurio
$HgCl$ = Clorido di mercurio
$FeCl$ = Cloruro di ferro
$FeCl_3$ = Clorido di ferro.

Lo *zolfo* è dopo l'ossigeno il corpo che trovasi più generalmente combinato coi metalli. Queste sue naturali combinazioni sono pesanti, d'aspetto metallico, di colore per lo più simile all'ottone, e preparate artificialmente presentansi invece sotto forma di polvere con colori diversi (§ 43). I metalli solforati si dicono *solfuri* ed hanno in parte proprietà *basiche* molto manifeste. Alcuni più elevati solfuri agiscono però alla foggia degli acidi, stantechè coi più bassi si combinano in *sali solforici* particolari. I metalli solforati hanno grande affinità per l'ossigeno, talchè molti all'aria od all'acqua se lo appropriano, convertendosi in solfati-ossidi metallici, ma altri abbisognano invece a tal uopo di un forte riscaldamento. Versando nn acido sopra un solfuro metallico si formano acido solfidrico ed un sale ossigenato.

Le combinazioni e le mescolanze di diversi metalli fra loro ottenute colla fusione si dicono *leghe*, nelle quali serbansi abba-

stanza i caratteri dei componenti. Il mercurio scioglie i metalli, eccezione fatta dal ferro, e dà formazione alle così dette *amalgame*.

70. **Divisione dei metalli.** — Dallo specchio che segue si può facilmente conoscere quali siano i gruppi in cui questi corpi possano, giusta i loro speciali caratteri, essere divisi;

SPECCHIO

METALLI	PROPRIETÀ	
	degli ossidi loro	delle loro combinazioni solfuree
A Leggieri *Densità inferiore a* 3. Non si presentano mai in istato libero. I loro sali sono, salvo poche eccezioni, senza colore, non venefici e costituiscono elementi essenziali di nutrizione per gli animali e vegetabili. Difficilmente si adoperano in istato metallico.	Basi forti; hanno grande affinità coll'acqua e con essa formano gl'*idrati*. Soltanto coll'incandescenza abbandonano il loro ossigeno e carbonio.	Forti basi; si ossidano all'aria al grado di ossidi salini solfatici. Trattati cogli acidi sviluppano acido solfidrico.
a. *Metalli alcalini.* Decompongono l'acqua all'ordinaria temperatura. 1. Potassio. 2. Sodio.	Molto caustici; basi forti, perchè scompongono tutti gli altri ossidi dalle loro combinazioni coll'ossigeno; solubilissimi nell'acqua, non perdono l'acqua d'idratazione col forte calore; assorbono dall'aria avidamente l'acido carbonico.	Caustici; basi forti, solubilissimi in acqua, sciolgono molto zolfo, il quale, coll'aggiunta d'un acido, vien deposto sotto forma d'una polvere bianca detta *latte di zolfo*. Furono anche detti *fegati di zolfo*.
b. *Metalli semiterrosi.* Decompongono l'acqua come quei delli numeri 1 e 2. 3. Calcio. 4. Bario. 5. Stronzio. 6. Magnesio.	Caustici; basi forti: solubili in acqua; perdono la loro acqua di idratazione al calore blando; attraggono fortemente l'acido carbonico. L'ossido di magnesio è debolmente caustico.	Caustici; basi forti sciolgono lo zolfo; sono in parte solubili in acqua, in parte no.

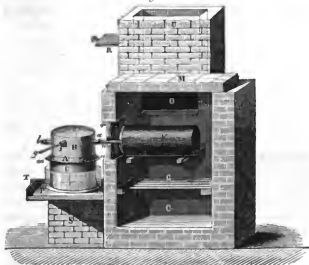
METALLI	PROPRIETÀ	
	degli ossidi loro	delle loro combinazioni solforee
c. *Metalli terrosi.* Decompongono l'acqua sopra i 100° C. 7. Alluminio. 8. Berillio. 9. Zirconio.	Non caustici, deboli basi; non solubili in acqua.	Insolubili.
B Pesanti *Densità superiore a* 6. Adoperati generalmente nello stato metallico. I loro sali sono in generale vivamente coloriti e venefici.	Basi più deboli che i precedenti, insolubili nell'acqua; parte di essi in istato acido; perdono la loro acqua d'idratazione a moderato calore.	Combinazioni neutre; insolubili in acqua; l'antimonio ed alcuni dei metalli più rari hanno però gradazioni molteplici solforose, che si comportano al modo degli acidi.
a. *Comuni.* Si trovano per lo più combinati all'ossigeno e spesse volte collo zolfo e l'arsenio; di rado nativi, ossidabili all'aria; decompongono l'acqua al calore d'incandescenza. 10. Ferro. 11. Manganese. 12. Cromo. 13. Cobalto. 14. Nickel. 15. Zinco. 16. Stagno. 17. Piombo. 18. Bismuto. 19. Antimonio. 20. Rame.	Solubili, tranne poche eccezioni, negli acidi forti. Arroventati con carbone a fuoco d'incandescenza abbandonano il loro ossigeno; quasi tutti fusibili; non volatili.	Le naturali per lo più simili all'ottone si dicono *piriti* e *blende*. Le artificiali hanno colori distinti, come si disse al § 43; colla *torrefazione*, cioè coll'arroventarli all'aria, si convertono parte in ossidi parte in sali solforici.
b. *Nobili.* Si trovano per lo più nativi, immutabili all'aria, non decomponenti l'acqua. 21. Mercurio. 22. Argento. 23. Oro. 24. Platino.	Possiedono piuttosto le proprietà degli acidi che delle basi; decomponsi, coll'arroventarsi, in ossigeno e metallo.	Meno il solfuro di mercurio, tutti, coll'arroventamento si ripristinano in metalli puri.

A) METALLI LEGGIERI

14. Potassio.

Segno: K=39; Densità=0,8. — Scoperto nel 1807 da Davy.

71. — Mescolando insieme carbonato di potassa $KO.CO_2$ e carbone polverizzato, ed esponendo il miscuglio in una storta di ferro (v. fig. 36) a fuoco rovente, il carbone toglierà l'ossigeno dal potassio, e questo si dissolverà in un vapore grigiastro

Fig. 36.

che raccolto in un recipiente A per metà pien di *petrolio* vi si rapprenderà sotto forma di palline metalliche grosse come piselli. Per maggiore speditezza si copre il recipiente con un graticcio di fil di ferro, sul quale si applica del ghiaccio. Sebbene le sostanze adoperate in questa operazione non sieno costose, pure il potassio fu sempre finora di prezzo elevato stante la complicata preparazione e la poca facilità di ottenerlo. Negli ultimi tempi però in cui tale industria è stata introdotta in grande, il prezzo si è di molto abbassato.

Il potassio ha splendore argentino ed è così molle, che si può impastarlo e tagliarlo col coltello. È singolare sovratutto la sua grande affinità coll'ossigeno, cosicchè abbandonato all'aria lo assorbe istantaneamente e si copre d'uno strato grigio di ossido; del pari lo sottrae con grande avidità da tutti i corpi che lo contengono ond'è che non si può conservarlo nello stato metallico se non immerso nell'olio di petrolio in cui non v'ha ossigeno, essendo esso composto di carbonio e d'idrogeno CH.

Uno de' più graziosi esperimenti chimici consiste nel gettare un pezzetto di potassio nell'acqua HO contenuta in un vaso cogli orli elevati, fig. 37. Il potassio si combina tosto coll'ossigeno con un tale sviluppo di calorico che l'idrogeno divenuto libero s'accende, abbrucia, e nel tempo stesso il potassio, che arde anch'esso e svapora, porge alla fiamma un bellissimo color violetto chiaro, il metallo spinto dal gas che si svolge, trascorre qua e là stridendo sull'acqua, finchè sia tutto combusto in ossido di potassio che rimane poi sciolto.

Fig. 37.

Il potassio non ha applicazione ed usi nelle arti; ma il chimico si giova della sua grande affinità per togliere l'ossigeno da altri ossidi quali sono l'acido silicico, e il borico, l'ossido di magnesio ecc.

72. Combinazioni del potassio. — Il *carbonato di potassa* KO, CO_2 è la combinazione del potassio dalla quale si ricavano tutte le altre. Questo sale si ottiene lisciviando le ceneri dei vegetabili con acqua calda, poscia separando la soluzione dai sali stranieri che si depositano e svaporandola fino a secchezza; finalmente arroventando il residuo. La massa grigiastra che rimane, vien comunemente chiamata *potassa*, e contiene un 40 0/0 di sali stranieri. Il carbonato di potassa quando sia affatto depurato è perfettamente bianco, di sapore blandamente alcalino, e colora in rosso la tintura di laccamuffa, perchè l'acido carbonico non è forte abbastanza per togliere all'ossido le proprietà eminentemente alcaline. All'aria attrae avidamente l'umidità e va in deliquescenza.

La cenere di molte piante contiene una quantità molto variabile di carbonato potassico. Da 500 chilogr. delle seguenti piante si ottenne nelle proporzioni seguenti: legno di pino 0,45, legno di faggio 1,45 corteccia di quercia 4; paglia 5; corteccia di faggio 6, santoreggia 20, ortica 25, cardo 35, assenzio 73. — Le

fabbriche di tal sorte nelle regioni boschive della Germania diventano sempre più rare e si fanno invece più frequenti in Russia e nelle sterminate selve dell'America.

Si usa il carbonato per iscoprire tutte le altre combinazioni della potassa stessa specialmente nell'allume, nel sapone e nel vetro. Il suo costo è di 15 fiorini al quintale.

73. L'ossido di potassio. — K, o potassa comune, si ricava dalla sua combinazione coll'acqua, cioè dal suo *idrato*; e ciò quando la soluzione acquosa del carbonato si decompone a lungo con calce estinta finchè questa le abbia tolto tutto l'acido carbonico, ciò che si conosce quando il liquido filtrato non fa più effervescenza coll'aggiunta di acido nitrico. Il liquido ridotto limpido col riposo si fa poi svaporare a secchezza e quindi si arroventa; con ciò si ha l'idrato di potassa secco in forma di massa bianca pietrosa, denominata anche *potassa* o *pietra caustica.*

La soluzione poi, o il cosidetto *liscivio caustico*, è in sommo grado alcalina cioè basica, § 20 e caustica. Essa attacca tutte le sostanze vegetabili ed animali, e in ispecie i grassi, ed è da considerarsi come pericolosa; siccome poi ha molta azione sulle sostanze silicee, così non si può fare prove ed esperimenti con essa in vasi che non sieno di ferro, o d'argento.

L'idrato di potassa usato in medicina col nome di *pietra caustica* è un mezzo escarotico, e la sua soluzione è adoperata per la *saponificazione*. All'aria libera assorbe l'acido carbonico, e si converte a poco a poco in carbonato di potassa, perdendo del tutto le sue proprietà caustiche.

74. — Un importante sale potassico si è il *nitrato di potassa*. KO, NO_5 detto volgarmente *nitro.* Corre in commercio parte sotto il nome di *nitro greggio indiano* perchè nelle Indie Orientali e nell'Egitto si raccoglie sfiorito su certi terreni; parte, mercè la decomposizione del nitro del Chili, NaO, NO_5, col carbonato di potassa; finalmente si ottiene in Europa nelle così dette *nitriere* con un processo che ha per iscopo la simultanea produzione dell'acido nitrico necessario alla formazione del nitro stesso. Come fu detto nel § 39 il nitrogeno si unisce all'ossigeno soltanto in certe condizioni per formare l'acido nitrico; cioè quando le sostanze azotate animali siano messe in contatto con ossidi metallici e si lascino andare in dissoluzione. Allora si genera acido nitrico che si combina con quegli ossidi, e ciò suole appunto accadere nelle stalle in vicinanza dei letamai, e da per tutto in generale ove son materie che imputridiscono, quindi non rare volte scorgesi sulle

stesse muraglie sotto forma di efflorescenza in piccoli cristalli di sapore amaretto e rinfrescante. Quando poi deliberatamente si accumulino insieme materie animali, concimi con terra contenente potassa e calce, si porge opportunità alla più pronta produzione di questo sale; il quale si estrae, lisciviando sì fatte masse con acqua calda, e si depura poi colla ripetuta svaporazione e cristallizzazione che si effettua in bei prismi esagoni allungati.

Il sal nitro ha un sapore fresco salino, e somministra alla medicina un farmaco refrigerante, diuretico; si usa inoltre per la preparazione dell'acido nitrico, e come valido mezzo di concimazione. Al calore elevato si fonde; e messo in contatto con sostanze combustibili, cede ad esse l'abbondante ossigeno che contiene e le rende facilmente accensibili. Di qui deriva la sua applicazione alla composizione della polvere da cannone.

Per fare questa polvere si impiegano comunemente 75 parti di nitro, 12 di zolfo e 13 di carbone sottilmente polverizzati, e il tutto mescolato, passato per setaccio e ridotto in granelli resi lucidi e politi mediante un continuo rimescolamento in botti apposite e con un po' di polvere di carbone. L'azione di una tal polvere è ben conosciuta. Essa è un corpo solido, che all'istante della sua accensione si decompone in diversi prodotti gasosi i quali pel calore che sviluppano si dilatano straordinariamente, rimovendo con grande veemenza ogni ostacolo, e cagionando conseguenze terribili. In questa combustione si generano principalmente: nitrogeno, acido carbonico, e solfuro potassico, talchè il processo si può formulare nella seguente equazione:

$$KO.\ NO_5 + S + C_3 = N + 3CO_2 + KS.$$

75. Il clorato di potassa. — $KO,\ CLO_5$ si forma coll'aspetto di belle scagliette lucenti, allorchè il gas cloro viene introdotto in una soluzione satura di potassa. Questo sale, ricco d'ossigeno, arde colle materie combustibili molto più vivamente del nitro, ed è perciò ancora più pericoloso. Per siffatta proprietà viene adoperato come ingrediente dei fuochi d'artificio e dei fulminanti, nonchè per ottenere il gas ossigeno.

Combinata coll'acido silicico la potassa entra a comporre una gran quantità di minerali, massime il *feldspato* $KO.\ SiO_3 + Al_2 O_3.\ 3SiO_3$ che contiene inoltre del silicato d'allumina. Per la sua poca coesione, e il facile sgretolarsi delle sue roccie, la potassa spandesi in tutte le specie di terreni, entra quindi come elemento in tutte le più essenziali sostanze alimentari, nelle piante quasi tutte, dalle cui ceneri poi la si ottiene comunemente.

Il silicato di potassa artificiale si prepara arroventando tre parti di sabbia e due di potassa, facendo poi sciogliere in acqua la massa fusa. Così preparato questo sale, che si dice anche *vetro liquido*, si adopera per intonacare corpi facilmente combustibili affine di preservarli dal fuoco.

La potassa fusa con una maggior quantità d'acido silicico dà del vetro che si accosta a quello prodotto dalla soda.

76. — Il solfuro di potassio, che merita specialmente la nostra considerazione, è il quintuplo, cioè KS_5 e si produce polverizzando sottilmente, ed esponendo a moderato calore il carbonato potassico perfettamente anidro con dello zolfo. Questa massa ridotta a fusione presenta un bel colore di fegato, e perciò detta *fegato di zolfo*, di proprietà del pari alcaline quanto caustiche; sciolta, diventa gialla, e coll'aggiunta di un acido sviluppa acido solfidrico perchè una parte dello zolfo si depone in forma di precipitato bianco, detto anche *latte di zolfo*. Il solfuro potassico all'aria attrae ossigeno e passa a solfato di potassa. Del primo si fa uso in medicina, specialmente nei bagni solforosi, e in chimica come mezzo di disossidazione. La sua soluzione può somministrare ancora una considerevole quantità di zolfo.

Dei sali aloidi del potassio il più usato in medicina è l'ioduro KJ. e il cianuro venefico KCy, il quale ultimo è adoperato in molti processi chimico-tecnici, come mezzo di riduzione, cioè per levar l'ossigeno dagli ossidi, e conseguire certe soluzioni metalliche per farne uso nelle decomposizioni galvaniche.

15. Sodio.

Segno: Na=23; Densità=0,9. — Scoperto nel 1807.

77. — Questo metallo si estrae dal carbonato sodico $NaO.CO_2$ nella stessa guisa che il potassio, colla sola differenza che la sua distillazione riesce più agevole. Dacchè si è adoperato in grandi masse per la preparazione dell'alluminio, si sono di molto migliorati i processi diretti ad ottenerlo, e quindi anche il suo prezzo è diminuito notevolmente. Circa 20 anni fa, mezzo chil. di sodio costava circa 1750 fiorini; più tardi 250, ora invece còsta in Germania 28 fiorini, a Parigi soltanto 15, che è il doppio del costo della sua fabbricazione. Essenzialmente ha il sodio le esterne proprietà del potassio, colla diversità però che gettato nell'acqua vi si scioglie prontamente senza accendersi. Ove se ne metta un pezzetto sopra una carta bibula bagnata, sfregandola

succede accensione, e il metallo arde con bella fiamma gialla. Inoltre l'ossido di sodio NaC, detto propriamente *soda*, nonchè il solfuro di sodio, presentano nella preparazione tanta analogia colle corrispondenti combinazioni potassiche che non è necessario di farne particolar descrizione; per lo che passeremo tosto a descrivere altre oombinazioni del sodio e le proprietà che le distinguono.

78. — Il *cloruro* di *sodio* NaCl è più generalmente noto sotto il nome di *sal di cucina*. Nessuno disconosce l'importanza di questa sostanza che costituisce uno degli elementi di nutrizione più essenziali dell'uomo e degli animali. Oltrecciò è desso d'un grande sussidio alla nostra industria, essendo la sola sorgente da cui si ricava il cloro tanto utile alle arti, e la materia da cui si estrae la soda (§ 79).

Il sale di cucina non è con pari abbondanza distribuito in tutte le contrade, cosicchè il suo acquisto diventò cagione di dissidio fra i varii popoli ed oggetto di relazioni internazionali. Esso si trova in parte come *minerale* solido, in parte disciolto nelle *sorgenti saline*, e da ultimo nell'*acqua marina*. Si può estrarlo in diverse maniere. Il sal minerale sopratutto si cava dalle miniere del Salisburgo in Germania, di Cardona in Ispagna, di Wiclizka in Polonia. Le sorgenti saline sono o naturali, o prodotte artificialmente col far passare l'acqua di pozzi artesiani a traverso a strati salini, e poi collo svaporarla fino a condensazione ed alla successiva cristallizzazione. Se queste acque sono di tal natura da compensare la bollitura; cioè se in 50 chilogr. si contengono da 8-12 di sale, si eseguisce l'operazione entro caldaie; mentre le acque men cariche, per risparmio di combustibile, si fanno prima svaporare all'aria libera. E ciò si effettua distribuendo l'acqua sopra graticci di frasche spinose posti uno sopra l'altro, affinchè goccioli adagio adagio e l'aria scorrendo sotto e sopra la faccia svaporare fino a renderla atta alla concentrazione mediante il fuoco. Questi apparecchi a graticcio sono detti *concentratori*.

Nelle caldaie svaporatorie il sale si separa in forma di piccoli cristalli accumulati che si conservano poi pei nostri usi domestici.

Le sorgenti saline contengono oltre al sal di cucina alcuni altri de' quali i più difficili a sciogliere restano attaccati in forma di crosta alle frascate od alle caldaie e rimane invece sciolto il sale nelle acque madri.

Da 50 chil. di acqua marina si ottiene circa un chil. od 1 1|2 di sale mediante il passaggio delle acque stesse in certi stagni bassi, detti *saline* posti sopra le costiere ove i raggi del sole, e i venti caldi fanno svaporare la parte liquida, e lasciano il sale, che viene poi depurato, sebbene non abbia mai la purezza del minerale. Per distinguerlo si dice appunto *sal marino*.

Sorgenti ricche fino del 23-25 0|0 sono quelle di Luneburgo, di Reichenhall, di Schwäbischhall, di Friedrichshall, Wimpffen, Rappenau, Dürrheim. La vendita del sale è in generale monopolio dello Stato: 1 ett. costa 43|4 fiorini; ma per uso di fabbrica si dà a minor prezzo, però *denaturalizzato*, cioè misto ad un po' di carbone e di ocra, o di genziana in polvere per uso del bestiame e del concime.

79. — In vicinanza delle saline e del mare nascono alcune piante salate (*salsola* e *salicornia*), le quali abbruciate somministrano una cenere di carbonato di soda $NaO.\ CO_2$ che si chiama comunemente *soda*. Lo stesso sale, quantunque men puro, somministrano anche le piante del genere *fucus*. Ma la maggior parte della soda si prepara oggidì nelle grandi fabbriche dal cloruro di sodio. A quest'uopo si converte esso da prima, distillandolo con acido solforico, in solfato di soda $NaO.\ SO_3$ e si ottiene per secondario prodotto l'acido idroclorico) ClH. § 45); poscia si arroventa il solfato sodico con carbone e calce, d'onde producesi del solfuro calcico insolubile, e del carbonato di soda solubile, il quale si allunga con acqua. Dalla soluzione si lascia deporre la soda idrata in parte sotto forma di bei cristalli, in parte poi asciugata e *calcinata* mediante il riscaldamento. Essa ci viene in commercio in qualità di soda anidra.

Questa sostanza ha molta analogia nelle sue proprietà chimiche col carbonato di soda (§ 72) il quale può essere adoperato promiscuamente alla soda medesima. La soda non assorbe l'aria atmosferica. In generale è adoperata per la fabbricazione del sapone duro, per quella del vetro e per le tintorie. 1 quintale costa da 8 a 10 fiorini; la cristallizzata contiene 10 equiv. d'acqua di cristallizzazione e perciò è anche a più buon mercato.

Il *bicarbonato di soda* $NaO,\ 2CO_2$ si ottiene quando si conduce una corrente di acido carbonico sul carbonato sodico semplice, e si usa per formare le bevande gasose (§ 59); si conserva benissimo nell'aria asciutta, ma coll'umidità perde a poco a poco l'acido carbonico e torna allo stato di semplice carbonato.

80. Il solfato di soda. — $NaO,\ SO_3$ con 10 equivalenti

d'acqua di cristallizzazione si ottiene, come fu detto sopra, dalla preparazione della soda. Questo sale adoperato in medicina come purgativo, è conosciuto già fino dal 17° secolo, e prese dal suo scopritore il nome di *sale di Glauber* (*sal mirabile Glauberi*). Si adopera poi in grande nelle fabbriche vetrarie. Se si polverizzano finamente 14 parti di questo sale *cristallizzato*, e si unisce la polvere con sei parti d'acido solforico e 4 di acqua, la miscela produce un raffreddamento fino ad 8 - 10° R. sotto lo zero, talchè l'acqua posta in un vaso entro detta soluzione, agghiaccia rapidamente anch'essa. La causa sta in ciò, che l'acqua di cristallizzazione sottrae calorico (FISICA, § 155) per passare dallo stato solido al liquido, a cui viene costretta dall'azione dell'acido solforico.

Il *nitrato di soda* NaO, NO_5 viene in commercio sotto il nome di nitro cubico o del Chili, perchè si trova al Perù e nel Chili in grossi strati. Esso serve alla preparazione dell'acido nitrico, del nitro puro, e come potente mezzo di concimazione. Costa un quintale 13 fiorini, il raffinato 18.

L'*iposolfito di soda* $NaO, S_2O^2 + 5HO$, possiede la facoltà di sciogliere facilmente il cloruro e l'ioduro d'argento, per la quale viene adoperato nella fotografia, come altresì per allontanare completamente il cloro dalle stoffe imbianchite; proprietà che gli valse il nome comune di *anticloro* (v. § 42). Si ottiene sia coll'azione prolungata dell'aria sul solfuro di sodio, sia coll'azione dell'acido solforoso sul medesimo, sia finalmente mediante l'azione dello zolfo sovra una dissoluzione neutra e bollente di solfato di soda.

Il *borato di soda* $NaO, 2BO_3$ ora con 5 ora con 10 equivalenti d'acqua, detto volgarmente *borace*, si trova sotto il nome di *tinkal* nella Cina e nel Tibet in istato impuro. Scaldato a calor rosso si gonfia, perde la sua acqua di cristallizzazione, poscia a temperatura più elevata si vetrifica. Serve principalmente alla saldatura e fusione dei metalli, cui esso rende molto più facile, ond'è che si usa sovratutto negli sperimenti d'assaggio che si fanno al tubo ferruminatorio.

Coll'acido silicico si trova la soda più scarsamente combinata nel regno minerale, che non lo sia la potassa, ma la natrolite, l'albite ed altre combinazioni sodiche di quest'acido, non sono rare a dir vero; anzi costituiscono un componente del vetro che più comunemente si adopera.

81. — **Il vetro** è in generale una massa insolubile, traspa-

rente, dura, di frattura conchigliacea il quale proviene dalla fusione dell'acido silicico e di certi ossidi metallici, di cui i più comunemente adoperati sono la potassa, la soda, la calce e l'ossido di *piombo* che danno un vetro senza colore. Gli altri ossidi metallici formano una massa colorita ma meno limpida, e talvolta anzi affatto opaca, cosicchè si usano soltanto in piccole quantità per comporre i vetri a colori. I vetri meno fini contengono anche allumina.

L'acido silicico è il componente principale di qualsiasi materia vetrosa, costituendone il 50 fino al 70 0/0 secondo la qualità di vetro che si vuole ottenere, avendo esso in ciò una essenziale influenza. Il vetro affatto siliceo è durissimo, difficilmente fusibile, e si oppone perfettamente all'azione solvente degli acidi e degli alcali. I vetri poveri di selce sono attaccati dall'aceto, e perfino dal vino.

Sotto un calore fortissimo il vetro si rammollisce, diventa pastoso, semiliquido in modo che si può gonfiare, stirare, tessere, fondere, contorcere e comprimere in uno stampo. Ma non tutte le sue specie si comportano in ciò nel modo stesso.

Ogni qualità è una mescolanza di almeno due silicati d'ossidi metallici e secondo il predominio di uno o dell'altro si hanno proprietà diverse:

1. *Vetro potassico* con calce, duro, perfettamente incoloro, difficile a liquefarsi e più specialmente adatto a certi chimici apparecchi: il vetro di Boemia, eccellente e simile al cristallo appartiene a questa specie.

2. *Vetro sodico* con calce, duro, più facilmente fluidificabile, di color azzurrognolo; serve a preferenza per le lastre delle finestre. Le accennate due qualità di vetro si impiegano l'una e l'altra per bottiglie e bicchieri di diversa maniera; il vetro da *specchi* si forma con un miscuglio delle medesime.

3. *Vetro calcico* è la qualità più scadente perchè vi prepondera la calce, quantunque vi si trovino per componenti anche la potassa, la soda, l'allumina, l'ossido od ossidulo di ferro, si può dirlo anche *vetro da bottiglie*, perchè serve a formare recipienti per medicinali, e bottiglie grigie o brune.

4. *Vetro di piombo*, che oltre l'ossido di piombo contiene potassa, è meno duro, facilmente fluidificabile, e si distingue per un peso considerevole, per la sua vivace lucentezza, e la sua forte rifrangibilità. I vetri di questa specie hanno una sonorità singolare e si dicono anche cristalli inglesi, o vetri sonori e si ado-

perano a scopo ottico. Nell'ottica si distinguono due maniere di vetri che hau differente forza rifrangente, cioè il *crown* che appartiene alla prima delle accennate specie, ed il *flint* che appartiene alla quarta; ambidue sono preparati con ispecial cura e diligenza scegliendo i materiali più puri.

COMPOSIZIONE PER 100 DELLE VARIE SPECIE DI VETRO

Componenti	Cristallo di Boemia	Vetro delle finestre	Vetro da specchi	Vetro da bottiglie	Cristallo inglese	Crown glas	Flint glas
Acido silicico	71 o 76	69 o 69	73 o 68	69 o 60	56	62,8	44,3
Potassa	12 » 15	— » —	5 » 6	8 » 3	6	22,1	11,7
Soda	2 » 0	15 » 11	12 » 8	3 » 3	—	—	—
Calce	10 » 8	13 » 12	5 » 11	13 » 22	—	12,5	—
Argilla	— —	2 » 7	3 » 1	3 » 8	1	2,6	—
Ossido di piombo	— —	— —	— —	— —	34	—	43,0
Ossidulo	— —	— —	— —	2 » 4	—	—	—

82. — Nella preparazione del vetro è necessario per prima cosa che sieno asciutte per bene tutte le sostanze componenti, alle quali si uniscono sempre dei frammenti di vetro rotto, e finamente polverizzati, e questo preliminare diseccamento deve ottenersi coll'arroventarle. Dopo ciò accuratamente rimestandole si introducono nelle *caldaie vetrarie* che si trovano in numero di 6, 8, 10, nella fornace fig. 38, la quale riscaldata ad un fuoco violento per tutto l'anno, diventa rovente in permanenza. Dopo 12 ore la massa vetrosa si fa liquida, e dopo altre 12 ore si può assoggettarla al lavoro svariato che si vuol compire. Un principale stromento del vetraio è la così detta *pippa*, cioè una canna di ferro lunga da 3, a 4 piedi, fig. 39, che s'immerge nel vetro liquefatto, per poi estrarnela con attaccata una data quantità di quella pasta ignea, entro alla quale si soffia come si farebbe per formar con una pagliuzza le bolle di sapone. Collo strisciare a proposito, stendere, piegare, comprimere e imprimere sovra uno stampo, l'esperto lavorante dà al suo globo di vetro la forma che gli aggrada, con la stessa facilità con cui noi taglieremmo a talento un pezzo di carta.

Le figure che offriamo a spiegazione dal N° 40 al 44 esprimono le diverse forme che prende successivamente un pezzo di materia

Fig. 38

vetrosa per divenire una bottiglia. Per avere una *lastra* piana si foggia dapprima un cilindro cavo, che viene aperto di sotto

Fig. 39.

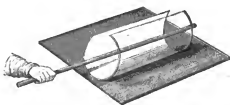
in un foro che a poco a poco si dilata, e si spacca per lo lungo (fig. 45-48), facendovi scorrere per la lunghezza d'una delle

F. 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43. Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46.

sue faccie un ferro freddo, la stessa canna di ferro, che ha servito a insufflare il cilindro. Ciò fatto si ripone il cilindro così spaccato in un fornello destinato ad allargarne la superficie, la quale al calore ardente si appiana rapidamente e si rende levigata

ed eguale col farvi passar sopra parallelamente una specie di spianatoio. Le grandi lastre da specchio furono per la prima volta sin da tempi remoti fabbricate a Venezia esclusivamente; ora le migliori si fanno in Francia e in Inghilterra.

La massa vetrosa si fonde in appositi forni, si versa sopra appropriate tavole metalliche convenientemente riscaldate, poscia si

Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49.

compie l'opera col lisciarla e pulirla con una special diligenza, laonde richiedesi molto lavoro e il prodotto diventa necessariamente molto costoso.

83. — Il vetro colorito si ottiene aggiungendo certi ossidi metallici alla pasta vetrosa, secondo il disegno e la disposizione corrispondente al proposto intento. Il *nero* è dato da un miscuglio d'ossidulo di ferro, d'ossido di manganese, d'ossido di rame, e d'ossido di cobalto; il *bleu* dall'ossido di cobalto, il *violetto* dall'ossido di manganese, il *verde* dall'ossido di rame e da quello di cromo; il *verde bottiglia* dall'ossidulo di ferro, il *purpureo* dall'ossido d'oro con quello di stagno; il *rosso di fuoco* dall'ossidulo di rame, il *rosso incarnato* dall'ossido di ferro, il *giallo* dagli ossidi d'antimonio, argento e ferro.

Il vetro piombifero o cristallo puro splendentissimo, detto anche *pasta di vetro*, si adopera sotto il nome di *strass* per imitare le varie gemme.

Un'aggiunta d'ossido di stagno forma il vetro bianco o colorito opaco che dicesi *smalto*, e serve per le *margherite* e gli altri gingilli di vetro che resero così celebre in questo genere di lavori l'industria dei Veneziani.

Il *vetro lattiginoso* o *vetro semidiafano*, adoperato per i globi di lucerne, si fabbrica coll'aggiunger nella massa vetrosa ossa calcinate; si adopera per farne fiaschetti opachi, e paralumi.

La pittura sul vetro si mette in opera coll'unire mediante liste di piombo diversi pezzi di vetro coloriti nella massa vetrosa, o col

arroventare un pezzo di pasta di vetro colorito sul vetro nelle località predisposte, e lisciarvelo sopra, ovvero col levarlo mediante l'acido idrofluorico (§ 48) accollandovi a fuoco al medesimo altre paste vetrose fino a compito disegno. Quei colori che non sopportano che un fuoco moderato, vengono posti per ultimi. Quest'arte, di cui tanto fu benemerito il milanese Bertini, è in tutto connessa coi progressi della chimica, che in questi ultimi tempi le ridonò il suo pieno splendore.

Ammoniaca.

84. — Come vedremo più chiaramente in appresso, in tutti i corpi azotati liquidi ottenuti per mezzo di distillazione a secco, si trova una combinazione volatile di azoto e idrogeno (NH_3), la quale ha tutti i caratteri d'un ossido metallico *basico*, ed è denominata *ammoniaca*. In istato di purità si ottiene riscaldando il sale ammoniaco, ossia cloridrato d'ammoniaca NH_3, ClH con calce usta, e raccogliendo il gas sopra un bagno a mercurio. È senza colore, d'un odore acutissimo irritante che attacca gli occhi; essa si sviluppa nei cessi, massime all'aria umida, in grande abbondanza, e si rivela colà pel proprio odore. Nelle stalle dei cavalli si genera pure in quantità assai notevole per corrompimento delle orine. — Facendo gorgogliare il gas ammoniaco attraverso l'acqua, questa se ne appropria avidamente gran copia finchè la soluzione satura acquista il nome di *ammoniaca liquida*, ovvero di *spirito di sal ammoniaco*. In questo stato è limpida, e mantiene l'odore e il sapore del gas in modo sensibilissimo. Si adopera in tal forma utilmente contro l'acido carbonico nelle asfissie per soffocazione (§ 58).

Il *cloridrato d'ammoniaca* NH_3, ClH, si ottiene saturando con acido cloridrico il liquido alcalino che si produce nella distillazione a secco delle sostanze animali o del carbon fossile, poscia evaporandolo e sublimandolo. Esso è quella sostanza bianca cui fu dato il nome di *sale ammoniaco*, perchè anticamente veniva esportato dall'oasi di *Ammonio* in Egitto, dove si preparava e si prepara tuttora mediante la combustione degli escrementi dei camelli.

Il *carbonato d'ammoniaca* $NH_3 . CO_2$ si cristallizza nella suddetta soluzione alcalina, e vien depurato con disciogilerlo ripetute volte.

Tutte le combinazioni ammoniacali hanno un sapore specificamente acre, e trattate colla calce mandano un odore d'ammoniaca piccante. Sono rimedii molto apprezzati un tempo come sudoriferi, ai quali si attribuiva una certa facoltà elettiva sul sistema cutaneo. Nella chimica poi sono d'una grandissima importanza perchè essendo volatili, facilmente svaporano all'azione del calore, e così servono mirabilmente in alcune analisi. Astrazione fatta da ciò, presentano la più grande analogia colle combinazioni potassiche e sodiche, talchè si ottengono parecchie reazioni del tutto uguali sia che si adoperino l'ammoniaca, la potassa, o la soda, o invece del carbonato ammoniacale o del cloridrato, o i sali analoghi di quelle due seconde sostanze, o finalmente lo stesso cloruro sodico.

Anche senza di ciò le combinazioni ammoniacali sono notevoli per le loro relazioni col mondo vegetabile. Bisogna ritenere che tutto il nitrogeno contenuto dalle piante procede dall'ammoniaca; quindi i suoi sali riescono utilissimi per la concimazione dei terreni, e lo sviluppo delle piante.

Stante l'analogia dell'ammoniaca cogli ossidi metallici, si suppone che le combinazioni della medesima contengano sempre un corpo radicale metallico, l'ammonio NH_4, che però nessuno finora è riuscito a mettere in evidenza.

16. Calcio.

Segno: Ca=20; Densità=1,58.

85. — Questo metallo costituisce una assai considerevole parte della massa terrestre, dacchè intere montagne risultano di solo carbonato di ossido di calcio. Ed oltrecciò è un componente immanchevole dei vegetabili e degli animali. Per se stesso si distingue dagli altri metalli leggieri pel colore giallo chiaro, e perchè in aria secca conserva il proprio splendore. Sono poi importantissime le sue combinazioni, di cui le principali sono le seguenti:

L'*ossido di calcio* CaO, o più brevemente la *calce*, la quale col fuoco d'arroventamento si cava dal carbonato di calce $CaO.CO_2$, nell'atto che si svolge e svapora l'acido carbonico in esso contenuto; operazione la quale si effettua in grande nelle *fornaci* da calce, e appellasi *calcinazione*.

Le proprietà ed i caratteri della calce sono abbastanza conosciuti. Quando essa è bagnata con acqua si combina con questa

(FISICA § 155) formando la calce idrata ($CaO.HO$), con forte sviluppo di calorico e prende il nome di *calce estinta*. In siffatta operazione si gonfia da prima, e si riduce da ultimo in una massa polverosa bianca ed asciutta, che appellasi *farina di calce*. Versandovi sopra maggiore quantità d'acqua ne nasce il così detto *latte di calce*, da cui si depone una *poltiglia* calcarea, rimanendo l'acqua chiara che è una soluzione calcarea, la quale sotto il nome d'*acqua di calce* si usa anche in medicina.

La calce è molto caustica (*calce caustica*) e assorbe con grande avidità l'acido carbonico dell'atmosfera, riducendosi di nuovo a carbonato e perdendo quindi del tutto la sua causticità. Se si lascia perciò una poltiglia calcarea all'aria libera si vedrà ridursi in breve tempo ad un carbonato solido; e di qui procede la sua applicazione come cemento da fabbriche, e la cautela che usano i muratori di conservare la poltiglia anzidetta in buche profonde, coperte di terra.

La calce caustica si adopera per i cementi, per preparar gli alcali, per la defecazione dello zucchero, nelle concerie di pelli per levare i peli, e per molte altre operazioni chimiche.

86. — Il *carbonato calcareo* $CaO.CO_2$ si presenta in natura in molte forme come fanno il carbone e l'acido silicico. Lo *spato calcare* è senza colore, trasparente, cristallizzato; il *marmo* è bianco, ha grane grosse, duro; la *creta* è molle e scolorita. Altre roccie calcaree sono invece colorite per la mescolanza d'ossidi che loro comunicano screziature ora grigie, ora gialle, ora nere, brune, rosse, non senza interposizione di calce colorita, la quale in molte belle qualità di marmo presenta varietà magnifiche. Tutte però le dette specie hanno questo di comune che sviluppano con effervescenza rapida e vivace il loro acido carbonico qualora vi si versi sopra dell'acido idroclorico, e si riducono a calce viva sotto un fuoco d'arroventamento.

Come si vede da quanto abbiam detto, il carbonato di calce è in tutte le sue forme un materiale utilissimo non soltanto alla scultura ma sì anche alle costruzioni d'ogni maniera, ed un mezzo di cementazione delle opere in muratura. Adoperato per fare il lastrico delle strade non può dar loro che una mediocre solidità, quindi in ciò si rende d'un minore profitto.

Le ossa animali consistono in parte di carbonato calcareo, di cui risultano del pari composti i gusci dei testacei, il fusto dei coralli, il guscio delle uova, e perciò dobbiamo ritenerlo altresì come un importante alimento di molte specie zoologiche.

Quantunque la calce sia insolubile per se stessa nell'acqua, si trova però sempre disciolta nella medesima in certa quantità, ma ciò avviene perchè le acque contengono sempre dell'acido carbonico. Se si riscaldano un poco, sviluppano tosto questo gas, che abbandonata la calce, le permette di precipitare in forma di sedimento bianco sul fondo del vaso. Locchè si vede sempre per giornaliera esperienza nei vasi da thé, nelle marmitte, e talora perfino negli stessi bicchieri. Questa specie di materia calcarea si può togliere mediante un lavacro acido, anche di forte aceto: ma nelle caldaie di svaporazione esso si accumula soventi in tali proporzioni da danneggiarne le pareti. Le stalattiti devono pure la loro formazione alla solubilità del bicarbonato di calce.

87. — Il solfato di calce $CaO.SO_3+2HO$ si trova in masse considerevoli sotto il nome comune di *gesso*; minerale ora cristallizzato, ora d'un bianco lucente e granoso come lo zucchero, che prende il nome di *alabastro*, e vien adoperato nei piccoli lavori d'arte statuaria per la sua grande candidezza, e la sua facile intagliatura con lo scalpello, la lima e i coltelli comuni. Il gesso contiene, come risulta dalla sua formola, anche dell'acqua di cristallizzazione, ma la perde ad un blando arroventamento. Macinato ed usto acquista la proprietà, quando sia ridotto a poltiglia coll'acqua, di combinarsele di nuovo chimicamente, e indurirsi, e ciò lo rende un materiale prezioso per gli artisti tanto per farne statuette, quanto per comporre modelli, e copiare statue grandi.

Il gesso è di grande efficacia nella concimazione, come vedremo parlando della nutrizione delle piante. Siccome poi è in piccola quantità solubile nell'acqua, così le comparte un gusto poco gradito, alquanto amaro e terroso.

Il *fosfato di calce* $3CaO.PO_5$ forma i 4|5 delle ossa animali, le quali quando siano calcinate e trattate coll'acido solforico, somministrano il fosforo; esso serve pure alla concimazione, e costituisce uno degli essenziali elementi di nutrizione, come lo mostra l'esserne provveduti tutti i semi delle granaglie, e per conseguenza anche il pane che mangiamo.

Il *silicato di calce* ci è già noto per tutto ciò che abbiamo accennato parlando del vetro, di cui è un ingrediente principale. Qui avvertiremo soltanto che la così detta *malta* da muratori od altrimenti *cemento* ha per componenti precipui l'acido silicico, la calce e l'allumina. Essa si presenta o naturale sotto la denominazione di *calce idraulica*, ovvero viene composta artificialmente. La sua fina polvere rimescolata con acqua, si indurisce rapidamente

anche sott'acqua, e perciò si impiega in ispecie per le costruzioni subacquee e per guarentire certe località dalle filtrazioni acquose.

88. — *Sottoclorato di calce* CaO.ClO. Mettendo il cloro a contatto della calce idrata sparsa sovra larga superficie, (§ 85) si ha per risultato una mescolanza di calce CaO, cloruro di calcio CaCl, e sottoclorato di calce, cho si presenta con l'aspetto di polvere umida bianca, d'un odore leggiero di cloro, e a cui si dà nome di *cloruro di calce* o calce da imbiancatura. Versandovi sopra un acido anche dei più deboli, giacchè lo stesso acido carbonico dell'atmosfera è capace di decomporlo, esso sviluppa il cloro abbondantemente, e diventa in tal guisa il mezzo più agevole per ottener quel gas libero. Mentre il così detto cloruro di calce viene adoperato in grandissima copia nelle lavanderie, serve poi anche al bisogno in cui ci troviamo soventi di neutralizzare i miasmi delle nostre abitazioni, dei depositi mortuarii, degli ospedali, per mezzo delle evaporazioni cloriche, cui questo sale largamente somministra. Basta a tale scopo mettere in una piccola coppa una cucchiaiata di esso, misto che sia ad ugual quantità di sal di cucina, ed un po' d'acqua per averne una sì forte emanazione di cloro, da doversi guarentire le vie respiratorie dalla sua prima impressione. Si chiudano perciò da prima le aperture della stanza e non si riaprano che passate alcune ore, e si sarà ottenuto una sufficiente disinfezione. Se occorra praticarla in luoghi ove sono persone presenti, si potrà molto più comodamente svolgere il cloro, imbevendo dei pannilini in una soluzione concentrata di cloruro di calce, ed appendendo quei pannilini qua e là per la stanza. Per imbianchire poi carta scritta, incisioni in rame sporche, ed altri simili oggetti, questi si inumidiscono d'una soluzione di cloruro di calce avvalorata di qualche goccia d'acido solforico, e se ne ottiene pronto l'effetto. Dopo ciò è mestieri far gocciolare l'acqua dalla carta, ripetendo l'immersione e lo sgocciolamento secondo il bisogno, e si compie l'operazione col tenerla per alcune ore in acqua pura entro un vaso grande, asciugandola poscia con carta bibula, finchè ritorni qual era pulita e bianca. Le macchie d'inchiostro spariscono di tal guisa perfettamente.

Il *cloruro di calcio* CaCl si prepara collo sciogliere il carbonato calcareo in acido idroclorico; esso è in forma di cristalli facilmente dissolubili, che si fondono misti alla neve, producendo un freddo perfino di —36° R. Quando è asciutto assorbe avidamente l'acqua, ed è adoperato perciò con profitto per prosciugare, e

specialmente per disseccare i gas, facendoli passare attraverso a tubi ripieni di questa sostanza.

Il *solfuro di calcio* unito all'acido solfidrico CaS.SH si produce coll'introdurre questo gas nel latte di calce. La soluzione è usata per estirpare i peli.

17. Bario.

Segno: Ba=68.

90. — Questo metallo è molto meno copioso del precedente, e coll'ossigeno forma quell'ossido BaO, che si chiama *barite*. La sua combinazione principale è il così detto *spato pesante*, cioè il solfato di barite $BaO.SO_3$, minerale bianco compatto cristallino, che pel suo grande peso specifico=4,44 si distingue da tutti gli altri minerali terrosi. Macinato in polvere fina passa sotto il nome di *bianco fisso*, e come tale si adopera per colorire, giacchè somministra bensì una tinta meno equabile e meno densa di quella dell'ossido bianco di piombo, ma preferibile ad essa per non essere soggetta a mutarsi in giallo ed in nero. Il *bianco permanente* è quello che si ottiene per via di precipitazione, essendo perfettamente insolubile nell'acqua.

Il *nitrato di barite* $BaO.NO_5$ viene usato nei fuochi d'artificio per dar loro il colore *giallo;* e a quest'uopo componesi d'ordinario una miscela di 20 parti di zolfo, 33 di clorato di potassa ed 80 di nitrato di barite.

Il *carbonato di barite* $BaO.CO_2$, detto anche *witerite* quand'è minerale in natura, è un sale velenoso, come tutte le altre preparazioni solubili, e se ne fa uso con frequenza nelle chimiche analisi.

18. Stronzio.

Segno: Sr=43.

91. — Lo stronzio, metallo abbastanza raro, di color giallo chiaro, duttilissimo, che decompone l'acqua con facilità, e si ossida a contatto dell'aria, distinguesi per la proprietà di colorire in *rosso* co' suoi vapori la fiammac omunicandole un magnifico colore di porpora. A ciò solo infatti si circoscrive il suo uso, e a questo scopo si scioglie nello spirito di vino il cloruro di stronzio SrCl, e si accende. L'ossido di stronzio SrO si chiama *stronziana*. La polvere impiegata pei fuochi così detti di *Bengala* è una mesco-

lanza asciutta di 10 parti di nitrato di stronziana, 1 1/4 di clorato di potassa, 3 1/4 di zolfo, 1 parte di solfuro d'antimonio, e 1/2 di carbone.

19. Magnesio.

Segno: Mg=12; Densità=1,743.

92. — Il magnesio è un metallo bianco, dello splendor dell'argento, non molto duro, e inalterabile all'aria; esso forma parte integrante d'intere masse montane, arde con gran facilità allorchè sia messo a contatto d'una fiamma, e nel combinarsi rapidamente all'ossigeno svolge calore e luce tanto intensa da paragonarsi alla luce elettrica. Si tentò farne l'applicazione alla illuminazione dei fari, ma finora non fu trovato il modo di render il processo abbastanza economico e regolarmente durevole. Le combinazioni solubili del magnesio si distinguono pel sapore amaro e per la loro proprietà purgativa, cosicchè vengono quasi esclusivamente adoperate a scopo medico. Il suo ossido è detto *magnesia*.

Fra gli altri preparati del medesimo notiamo il *cloruro* che si trova nelle acque marine, e imparte loro quel sapore nauseoso amaro che hanno, e le rende inservibili agli usi della domestica economia. Trovasi esso parimenti in molte sorgenti saline.

Il solfato $MgO:SO_3$, detto volgarmente *sale amaro*, esiste nell'acqua marina, e specialmente abbonda poi in certe sorgenti, quali sarebbero quelle di *Saidschüss*, di *Sedlitz*, di *Püllna* ed *Epsom*, come pure nelle acque madri delle saline di *Fridrichshall* e *Kissingen*, d'onde viene estratto.

Il *carbonato* $MgO:CO_2$ combinato con quello di calce forma la *dalomite*, specie di roccia che si trova in masse abbastanza voluminose. Nello stato di maggior purezza si può avere scomponendo una soluzione calda di solfato di magnesia con carbonato di soda. Asciutto presentasi in masse estremamente leggiere, porose, bianchissime, insolubili e senza sapore. Riscaldato, perde questa combinazione l'acido carbonico e diventa ossido semplice MgO, che sotto il nome di *magnesia caustica* viene impiegata in medicina per neutralizzare gli acidi dello stomaco quando essi sono soverchi. Fu lodato anche come antidoto negli avvelenamenti di arsenico.

Il *fosfato* lo troviamo fra gli elementi componenti del grano, della massa delle ossa, dell'orina, e dei calcoli orinari.

In combinazione coll'*acido silicico* la magnesia forma molti

minerali, come il *talco*, il *speckeisen*, la *schiuma di mare*, il *serpentino* ecc. I silicati di magnesia sono quasi tutti teneri, facili a ricever la pulitura ed affatto infusibili.

20. Alluminio.

Segno: Al=13; Densità=2,56. — Dimostrato nel 1827 da Wöhler.

93. — Questo metallo forma una porzione assai considerevole della crosta terrestre, perchè il suo ossido dopo l'acido silicico e la calce costituisce l'elemento precipuo della maggior parte dei minerali. Si ricava esso col decomporre il cloruro di alluminio mediante il sodio, ovvero dal minerale detto *criolite* che è un doppio fluato d'allumina e di soda, ed è analogo sotto molti aspetti all'argento; al modo stesso di questo può essere lavorato, e come questo è poco ossidabile col calore all'aria e nell'acqua e resiste all'azione degli acidi. Siccome poi riunisce in sè leggerezza, consistenza e splendore argenteo, così può essere usato, e largamente applicato in ispeciali usi delle arti tecniche. Mezzo chilogrammo costa 90 fiorini.

94. — L'*ossido d'alluminio* $Al_2 O_3$ che si chiama anche *allumina* si trova nel regno minerale come molti di quei corpi che abbiamo già descritto, vale a dire in forme diverse. Allo stato di silicato doppio cogli alcali costituisce i felspati, che sono una considerevole porzione della corteccia terrestre. La così detta *argilla* è composta di allumina, acido silicico, ed acqua in proporzioni diverse. Essa trovasi anche anidra e cristallizzata e forma certe gemme preziose poco meno del diamante, quali sono l'azzurro zaffiro, il vermiglio rubino, il corindone grigio; idrata poi costituisce la gibsite, il diaspro, ed altre specie minerali assai notevoli. Una straordinaria durezza è propria del corindone e dello smeriglio minerali, i quali non constano che di allumina amorfa colorita in oscuro, e vengono adoperati specialmente per l'arrotatura e pulitura d'altri corpi duri.

Chimicamente si estrae la pura allumina idrata promovendone la precipitazione da una soluzione di allume col mezzo dell'ammoniaca. Il precipitato gelatinoso lavato ed asciugato, presenta una massa bianca insolubile infusibile, che aderisce fortemente alla lingua.

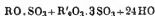
L'allumina gode di una singolar proprietà che consiste in una grande affinità per la materia estrattiva delle piante e per le so-

stanze colorate. Mettendo dei tessuti o dei filati di cotone in una soluzione dalla quale abbia a depositarsi dell'allumina, questa si combina intimamente colle fibre di quelli; poscia se il tessuto così coperto d'allumina ponsi nella soluzione di un qualche colore, essa si unisce al principio colorante e con questo aderisce alle fibre in modo che vi rimane stabile e duratura. Quindi l'allumina è uno dei materiali più importanti nelle arti tintorie. I precipitati insolubili, che si ottengono versandola nelle soluzioni delle sostanze coloranti vegetabili, si denominano *lacche* o *terre colorate*.

93. — L'*allume* è un sale binario di solfato d'allumina con solfato di potassa $Al_2 O_3 . 3SO_3 + KO . SO_3 + 24HO$ che si trova bello e fatto in natura ma che in grandi proporzioni si fabbrica anche artificialmente. Ha un sapore dolciastro, astringente, cristallizzato in grandi ottaedri senza colore (fig. 50) è solubile in acqua, e s'impiega in quantità straordinaria nelle tintorie, nelle cartiere, non che per ottenere combinazioni alluminose d'altra specie, fra le quali specialmente quella dell'*acetato d'allumina*.

Fig. 50.

È interessante una serie di combinazioni parte naturali, parte artificiali per mezzo delle quali alla potassa dell'allume viene sostituita qualche altra base, senza che la forma cristallina del sale presenti la più piccola mutazione. D'altronde si sono scoperte molte altre specie di sali, la cui composizione e cristallizzazione è perfettamente simile a quella dell'allume, sebbene l'allumina ivi sia sostituita dall'ossido di ferro, di manganese o di cromo. In questa guisa viene prodotta una vera famiglia di allumi, la cui composizione è rappresentata dalle formole seguenti:

$$RO.SO_3 + R'_2O_3.3SO_3 + 24HO$$

come mostrano gli esempi seguenti:

Allume potassico . =	$KO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 24HO$	}	allumi alluminosi
» sodico . . =	$NaO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 24HO$	}	
» ammoniaco =	$NH_3O.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 24HO$	}	
» ferrico . . =	$KO.SO_3 + Fe_2O_3.3SO_3 + 24HO$		
» manganico =	$KO.SO_3 + Mn_2O_3.3SO_3 + 24HO$		
» cromico . =	$KO.SO_3 + Cr_2O_3.3SO_3 + 24HO$.		

È sovratutto notabile che nel mescere le soluzioni di varii sali di questa natura si ottiene sempre da quei liquidi una cristallizzazione in ottaedri, sebbene v'abbian mescolanze di specie diverse.

Si ritiene perciò che in tutti gli allumi le più minute particelle elementari sieno tanto conformi in grandezza ed in intima disposizione, che non si impediscan menomamente fra loro nella formazione dei cristalli, ma sì anzi vi cooperino tutte. Questa identità di forme in sostanze e combinazioni di natura diversa si nomina *isomorfismo*, del quale appunto porgono un esempio maraviglioso e costante le varie specie d'allumi.

96. Silicato d'allumina. — Hanno gran parte nella economia della natura e dell'uomo le combinazioni e mescolanze dell'allumina coll'acido silicico. Gran quantità di minerali solidi è formata da essa e si troveranno descritte nella parte mineralogica. Come esempio citeremo soltanto una delle più diffuse che abbiamo di sopra nominato, ed è il *feldspato*, sale binario di silicato di potassa con silicato d'ammoniaca $KO. SiO_3 + Al_2 O_3. 3SiO_3$. Dalla decomposizione del medesimo si genera poi quella massa terrosa plastica che appellasi *argilla*; la quale altra cosa non è adunque che allumina poco silicea con ossidi metallici che le danno coloramento diverso, in modo da averne, a cagion d'esempio, l'argilla bianca da pippe, la cimolite, la terra da porcellane, l'argilla grigia o terra grassa, la gialla o loto, la bruna e la rossa. Tutte queste specie hanno il carattere comune dello *allappamento*, ossia di attaccarsi più o meno fortemente alla lingua, di spandere un odore particolare detto *odore cretaceo*, il quale probabilmente deriva da una certa quantità d'ammoniaca che tutte indistintamente assorbono dall'aria.

L'allumina mescolata con acqua s'addensa in massa bianca tenace che trattiene l'acqua con grande persistenza; ed è questa proprietà appunto che la rende tanto preziosa all'agricoltura, specialmente perchè assicura alle piante la umidità necessaria al loro sviluppo. Una mescolanza di argilla, sabbia e calce si denomina *marna* e costituisce il terreno che si reputa fra tutti fertilissimo.

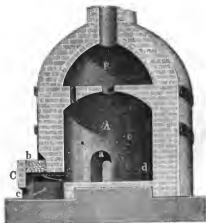
Per la facilità con cui la poltiglia d'argilla si lascia impastare viene adoperata alla costruzione delle stoviglie; perchè, modellata che sia, ed esposta a calore di fornace, o come suol dirsi, *cotta*, si indurisce diventando un corpo molto compatto. Dipende soltanto dalla purezza e dalla finezza dell'argilla medesima il nome particolare che vien dato agli oggetti ch'essa compone. — Il foggiare le terre argillose in forma di vasi, di tubi, di olle, e indurirli al fuoco è una industria che risale alle etadi più remote.

97. Porcellana. — Già conosciuta la manifattura di essa nella Cina e nel Giappone, fu portata in Europa dai Portoghesi al

principio del secolo XVI: i chimici francesi Macquer, Reaumur, e D'Arcet nel secolo scorso ne perfezionarono in Francia la fabbricazione. In Germania venne introdotta nel 1703 dall'alchimista Böttcher, al quale era stato comandato dal principe Gioachino di Sassonia di fare dell'oro. Venne a tal uopo sperimentata l'allumina in molte guise, mescolata, fusa e rifusa, finchè da ultimo la fu ridotta in una bella massa che fu poi riconosciuta come porcellana. Per opera di Meissen servì quel saggio a dar nascimento nel 1710 alla prima fabbrica di questo genere che diventò poi una vera miniera d'oro pel suo inventore.

Un'argilla scevra di ferro, e detta *caolino*, o comunemente *terra da porcellana* (V. MINERALOGIA) che si rinviene in varii luoghi è il principale elemento di codesta industria. Si macina assai finamente e si mescola con puro acido silicico, e con un poco di gesso

Fig. 52.

Fig. 51.

facendone una pasta, con cui si modellano oggetti di varie forme, sia colla mano soltanto, sia con istampi e sagome sulle quali si comprimono e adattano gli strati di codesta argilla col mezzo di spugne bagnate. Dopo che il vaso, la coppa, il piatto o checchè sia è stato lentamente asciugato all'aria si assoggetta ad una prima cottura ed acciò non abbia ad inframmettersi alcuna immondizia o materia straniera, si dispongono gli oggetti indicati entro capsule parimenti argillose (fig. 52). In questo stato essi induriscono e diventan perfettamente bianchi, ma di un bianco

smorto, terroso, e siccome sono tuttora atti ad assorbire fortemente l'acqua, s'attaccano con forza alla lingua. La porcellana abbisogna, per essere compita, di un processo di *vetrificazione*; al qual uopo si immerge in un bagno, formato da una massa di porcellana finissima a cui è aggiunto del gesso, resa liquida al fuoco. Di codesta pasta fusa si intonaca l'oggetto e lo si espone ad una seconda cottura usando un fuoco più vivo di arroventamento.

La porcellana perfetta è bianchissima e tanto dura da dar scintille coll'acciaio, di una frattura lucente e conchigliacea, semidiafana. Le stoviglie più fine danno, battute, un suono puro e chiaro come i metalli. Essa contiene circa 60-70 0/0 d'acido silicico 20-30 0/0 di allumina 3-6 di potassa. La porcellana inglese è più povera di acido silicico avendone circa 40 0[0, ma ha invece 30 0[0 di calce, 20-30 0[0 di allumina.

Per dipingere le porcellane si prende dell'olio di trementina, del vetro colorito sottilmente macinato (§ 83), e con un pennello si tracciano i disegni ideati sopra il pezzo già vetrificato, esponendolo poscia ad un moderato calore in fornelli a muffola (fig. 53).

Fig. 53.

La maiolica di miglior qualità è terrosa nella frattura, ma bianca, e coperta d'uno smalto bianco dovuto ad ossido di stagno. Il vasellame più ordinario di questa specie presenta invece frattura grigia gialla o rossa, e i varii pezzi sono intonacatl d'una inverniciatura vitrea di piombo, con aggiunta d'ossido di stagno. Si crede che lo scopritore del miglior modo di applicare lo smalto fosse un italiano ancora avanti al secolo XIII, e che il nome di *fayence* dato alla maiolica ricordi la città di Faenza ov'erano le più rinomate fabbriche di essa.

Le stoviglie ed i vasi di terra si costruiscono con argilla ordinaria, con o senza vernice vetrosa. È da osservarsi che quelli inverniciati irregolarmente per risparmio del combustibile necessario alla seconda cottura, possano talvolta comunicare proprietà venefiche ai cibi mediante l'ossido di piombo rimasto imperfettamente vetrificato. Il vasellame di gres che si adopera generalmente come recipiente di acque acide, di sciroppi ed altro suolsi vetrificare col gettare nella stufa arroventata, ove si fa cuocere, una certa quantità di sal di cucina, il quale svaporando

riveste dentro e fuori il vaso, formandovi un intonaco di vetro sodico facilmente fusibile.

Non sarà fuor di luogo ricordar qui come simigliante sia il modo di far quelle pippe d'allumina, che in sì gran copia ricevono in Colonia la loro fragile esistenza; ed indicare per ultimo come le tegole ed i mattoni da costruzione siano prodotti di questa terra più grossolana, alla quale generalmente un ossido di ferro dà il colore rosso vivo onde li vediamo forniti.

98. — Dal minerale abbastanza raro e prezioso che appellasi *lapislazzoli*, si ottiene colla macinazione, una polvere assai costosa d'un bellissimo colore azzurro, che è conosciuta sotto il nome d'*oltremare*. L'analisi chimica dimostrò che questo minerale è un composto di solfato di soda e di silicato d'allumina, cosicchè si giunse ad imitare un sì magnifico colore col fondere insieme le dette due sostanze. Questa fu la cagione per cui il prezzo dell'oltremare si è tanto abbassato dal costo del peso d'oro che aveva dinanzi, perchè ora si è ridotto a servire di tinta, in soli certi casi, e viene utilmente sostituito dall'artificiale. La fabbricazione di questo in sostanza si ottiene nel modo seguente: si prendono 100 parti di terra da porcellana, 100 di sale di Glauber calcinato e 17 di carbone, il tutto ridotto a polvere fina, si mescola e si arroventa: la massa successivamente macinata e dilavata è verde, e si spaccia anche come *verde oltremare*. Ma aggiungendovi 4 p. 0/0 di zolfo, e fatta di nuovo arroventare, piglia il bel colore bleu anzidetto. Mezzo chilogramma di oltremare genuino costava, nel 1820, 600 fiorini; l'artificiale dal 1828 in cui valeva 140 fiorini, al 1832 non costò più che 8 fiorini ed oggidì non più di 1/2 ad 1 fiorino.

B) METALLI PESANTI

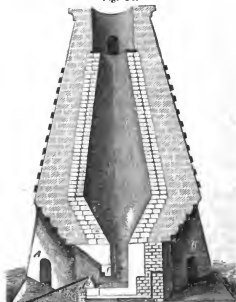
21. Ferro.

Ferrum; Segno Fe=28; Densità =7,6.

99. — Apre la serie dei metalli pesanti il ferro, il più importante e pregevole di tutti, che serve ad un tempo a formar l'aratro che coltiva il nostro terreno, e la spada che lo difende. La storia ci narra di popoli a cui l'eccesso dell'oro tolse le armi,

intanto che ad altri in origine poveri, ma possessori del ferro, si aperse la sorgente vera d'ogni ricchezza col mezzo delle industrie.

Parleremo nella parte mineralogica dei diversi corpi adoperati per estrarne il ferro, dei quali la Germania, l'Inghilterra e sopratutto la Svezia possedono tanta abbondanza. I componenti principalissimi di tutti codesti minerali sono il *ferro* e l'*ossigeno*; tutti

Fig. 54.

sono allo stato di ossido; dal quale si liberano colla sottrazione dell'ossigeno. A tale scopo le sostanze scoperte nelle anzidette miniere vengono ridotte in piccoli frantumi, poscia mescolate con legna o carbon fossile, e gettate dentro a fornaci (fig. 54). La parte inferiore di queste in sul principio dell'operazione si riempie di legna e carbone che mantengonsi accesi con incessante soffio di aria calda che li tiene in continua e viva incandescenza. Abbruciando il carbone nella parte inferiore della stufa si producono gas ossido di carbonio e solfidrico, i quali coi minerali arroventati vengono in contatto, e da loro tolgono del tutto l'ossigeno, per convertirsi in acido carbonico, in acqua e acido solforoso. Il

ferro residuo di questa decomposizione si fonde e cola verso la parte inferiore della stufa *e*, d'onde viene fatto uscire a poco a poco. Mentre adunque lo strato inferiore di minerale esce liquefatto, succede uno strato superiore che si abbassa al livello del primo, e viene del continuo sostituito dal nuovo che si getta dentro per l'apertura superiore, per guisa che l'operazione della stufa può durar mesi ed anni senza interruzione, finchè il calore conservato dalle muraglie della medesima la guasta, e necessita di rinnovarne la costruzione.

Il ferro non è l'unico prodotto di questa fusione; perchè, oltre ad esso, i minerali contengono dell'acido silicico, dell'allumina, della calce che sotto quell'ardente calore si fondono anch'esse in una specie di vetro brunastro cui si dà nome di *scoria*, e calano essepure in questo stato nella parte inferiore. Siccome però le scorie sono meno pesanti e meno dense, così sornuotano sul liquido e vengono con appositi rastrelli levate di quando in quando, agglutinate in masse vetrose. Ma la loro presenza preserva il ferro dall'azione dell'aria, che ne riossiderebbe una certa quantità. La scoria quindi è nel grande lavorio della fornace una cosa indispensabile, talmente che se nel minerale mancasse quel componente che la produce, si ha l'avvertenza di aggiungervi qualche sostanza accomodata all'uopo, qual sarebbe p. e., la calce, la quale è atta a comporre una scoria facilmente fusibile. L'aria che scappa dalla superiore apertura della fornace contiene sempre oltre ad acido carbonico eziandio dell'ossido di carbonio e dell'acido solfidrico. È adunque accensibile e forma quella fiamma azzurra che viene utilizzata a riscaldare la corrente d'aria che viene spinta dai mantici.

100. Qualità diverse di ferro. — Il carbonio ha la facoltà di combinarsi chimicamente col ferro, come altresì di sciogliersi in esso e secondo le proporzioni con cui si combina si producono tre sorta di ferro — 1 il ferro fuso molto carbonizzato, 2 il ferro quasi senza carbonio dei fabbri ferrai, 3 il ferro con poco carbonio ed acciaio.

1. Il *ferro greggio* o *ferro fuso* è il metallo che immediatamente esce dalle fornaci. Cinquanta chilogr. del medesimo ne contengono 2-2 1/2 di carbonio. Questo può esservi chimicamente combinato ed allora il ferro è bianco, splendente, facilmente fusibile, ma che si rapprende in una massa dura, irregolare, assai rigida, non servibile quindi nè alle opere di fusione, nè ai lavori di fabbro, ma soltanto per la preparazione delle altre qualità.

Ovvero il carbonio vi è unito parzialmente in forma di piccole scaglie grafitiche, tanto da dargli un colore grigio o nerastro, come si osserva nel ferro fuso o ghisa comune, o *ferro greggio grigiastro*. Questo non si fonde che a circa 1000° in una massa liquida poco densa che riempie facilmente qualunque sagoma di sabbia e nel raffreddare non si restringe che di 1\|4 per 0\|0, prestandosi perciò ad ogni specie di lavori di fusione, ed in particolare a fare stufe, lamine da focolai ed anche oggetti d'arte. Siccome però questo ferro ha una frattura granosa, ed è duro ed inflessibile, non può essere battuto, ma soltanto limato, forato e contorto.

2. Il *ferro in barre o verghe o da fabbro ferraio* è quasi puro e si ricava dal precedente, facendolo arroventare all'aria, affinchè il carbonio contenuto si consumi abbruciando, come infatti avviene giacchè appena se ne trova in esso più traccia. Come carattere principale dobbiamo segnalare la sua grande duttilità, per la quale si lascia facilmente battere stirare in fili e ridurre in lamine sottili. Sotto la frattura si mostra bianco e dentellato; riceve bella pulitura alla superficie, e con essa un colore biancastro. Dotato di poca durezza si accomoda poco a convertirsi in istromenti taglienti. Fonde al fuoco più vivo d'incandescenza di circa 1600°; varii pezzi del medesimo non si possono tuttavia saldare l'un l'altro; ma ridotti ad arroventamento si ammolliscono, ed allora si lasciano martellare ed unire per questo mezzo intimamente.

3. L'*acciaio* contiene 1 fino a 2 0\|0 di carbonio, e si prepara o col mezzo del ferro fuso, togliendogli parte del carbonio, o dal ferro in verghe aggiungendone la debita proporzione. L'acciaio ottenuto col primo metodo si denomina *acciaio greggio*. Per prepararlo col ferro da fabbri si adoperano verghe sottili involte di polvere di carbone e poste dentro a casse di argilla; le quali si arroventano ivi per lungo tempo, finchè il carbone passi a poco a poco nel ferro, e si converta nel cosl detto *acciaio* di *cementazione*. Mettendo in opera più grosse masse di ferro nella stessa guisa, esse non acquistano che una copertura di acciaio, ovvero divengono *cementate*. Queste due sorta di acciaio non sono uguali ed uniformi in ogni parte della loro struttura, cosicchè alcuni pezzi ne rimangono più o meno alterati. Si ottiene l'uniformità colla fusione con cui si ha l'*acciaio fuso*, il quale si prepara col fondere insieme il ferro greggio con quello da fabbri ferrai.

L'acciaio presenta uno degli esempi più spiccati delle proprietà

diverse che un medesimo corpo può assumere secondo il diverso disponimento delle proprie molecole.

Esso ha per sua natura proprietà e caratteri analoghi a quelli del ferro in verga; è molle, molto malleabile ma più facilmente fusibile potendo liquefarsi a 1200°—1400°. Il suo colore è del pari grigio o biancastro, ma è suscettivo d'una bellissima pulitura, e di un vivo splendore. — Quando l'acciaio arroventato s'immerge improvvisamente in acqua fredda, le sue qualità si mutano affatto, diventa inflessibile, immalleabile, più duro di qualunque corpo, eccettuati il diamante e l'allumina cristallizzata, striscia e scalfisce agevolmente il vetro, acquistando ciò che dicesi *durezza vetrosa*; ed è perciò che con esso si fanno quegli arnesi che richiedono la maggior durezza, quali sono le lime, i trapani e gli aghi.

Riscaldando l'acciaio *indurito* e lasciandolo raffreddare lentamente, perde la sua proprietà e riprende i caratteri dell'acciaio greggio quali sono la mollezza e la tenacità; e questo cambiamento è tanto più completo, quanto più elevato era il calore a cui venne assoggettato; cosicchè si vedono succedere gradazioni diverse secondo i gradi di calore, fino a diventare nel tempo stesso duro e malleabile, come si richiede per qualche preparazione, quale sarebbe quella degli stromenti da taglio.

Nell'arroventarsi, l'acciaio fòrbito perde il suo colore, divenendo dapprima gialliccio, poi giallo scuro, ranciato rosso, bruno, violetto, bleu, e finalmente nero bleu conforme i gradi del calore. Questo vario *imbrunire* dell'acciaio porge un ottimo mezzo per segnare le temperature a cui dev'essere assoggettato per giungere alle condizioni richieste dallo scopo che si desidera. Ogni gradazione di codeste diverse tinte può vedersi chiara tenendo un ferro da calze sopra la fiamma d'una candela; il più nero dei colori corrisponde sempre al punto del massimo calore a cui esso è stato esposto.

Nella massima parte dei lavori d'acciaio l'oggetto è prima foggiato in acciaio greggio e molle, poscia indurito, e finalmente ridotto; p. e., i coltelli più fini lo sono a *giallo pallido*, i rasoi e temperini a *giallo d'oro*, le forbici, le scuri, i martelli, i coltelli ordinarii a *bruno* e *purpureo*; i campanelli, le molle d'orologio, i trapani a *bleu chiaro* e finalmente le lame da sega a *bleu scuro*.

101. Combinazioni del ferro. — Le combinazioni solubili del ferro hanno tutte un sapore particolare dolciastro astringente; colle sostanze tanniche, qual sarebbe una soluzione di noci di

galla, o di corteccia di quercia, esse prendono una tinta violetta e perfino bleu-nera (inchiostro). In molte il ferro manifesta una decisa azione medicatrice, specialmente efficace sulla composizione del sangue. Descriveremo alcune di codeste combinazioni secondo che si presentano nella loro formazione.

Il ferro si unisce in molte proporzioni coll'ossigeno donde risultano sei diversi composti, uno dei quali ha proprietà acide, sono questi:

Il protossido . . . . = FeO
L'ossido magnetico . . . . = Fe_3O_4
Due ossidi compresi sotto il nome di *battiture* = $\begin{cases} 6(FeO)Fe_2O_3 \\ 4(FeO)Fe_2O_3 \end{cases}$
Il sesquiossido . . . . = Fe_2O_3
L'acido ferrico . . . . = FeO_3.

La natura ci somministra in gran copia il sesquiossido in diverse specie minerali che servono all'estrazione del metallo; tali sono il ferro *oligisto* e l'*ematite*. Abbondante è parimenti l'ossido magnetico, chiamato ferro ossidulato, che costituisce le calamite naturali.

Il *bisolfuro di ferro* FeS_2, frequentemente rinvenibile nelle miniere sotto il nome di *pirite marziale*, è un minerale di colore giallo d'ottone, di splendore metallico, e cristallizzato, che serve ad ottenere lo zolfo, quando si sottoponga alla distillazione, dalla quale rimane un solfuro semplice. Riscaldato all'aria ed esposto all'azione atmosferica si converte in *solfato d'ossidulo ferrico* $FeO.SO_3$.

Il *solfuro semplice* FeS, che s'impiega sovente a produrre e sviluppare l'ac. solfidrico (§ 43), si ottiene mediante il moderato arroventamento d'un miscuglio di ferro e di zolfo.

Il *solfato d'ossidulo ferrico* $FeO.SO_3+7HO$ detto anche *vitriolo verde* o vitriolo di ferro si produce in bei cristalli verdi dalla ossidazione dei solfuri ferrici nativi. È uno dei sali meno costosi in commercio, e più frequentemente adoperati onde aver altre preparazioni ferruginose, e fra tutte di quella del bleu di Berlino, dell'inchiostro, dei colori da pittura violetti e neri, come pure dell'acido solforico fumante. La sua soluzione è di somma efficacia per togliere l'odore delle latrine, e in generale per disinfettare i luoghi ove siano materie putrescenti. Il solfidrato d'ammoniaca di quelle esalazioni si converte in solfuro di ferro, e solfato d'ammoniaca.

L'*ossidulo di ferro* FeO è noto abbastanza: il suo idrato

$FeO.HO$ si ricava precipitando colla potassa il solfato d'ossidulo, ed allora ha color bianco, ma si cambia in breve in verde ed in giallo bruno, perchè si converte in ossido idrato.

L'ossido, Fe_2O_3 si presenta soventi come una specie minerale (*ematite rossa*), e si cava anche come residuo della preparazione dell'olio fumante (§ 41). Polverizzato è d'un rosso di mattone, adoperato perciò come colore e come polvere da pulire i metalli sotto il nome di *rosso inglese*. L'*ocra* rossa, la matita rossa, e il polverino o la sabbia rossa, ed altre simili sostanze devono alla sua presenza il proprio coloramento.

L'ossido idrato $Fe_2O_3.HO$ si trova in natura soventi sotto forma di *ematite bruna*. È d'un colorito giallo tendente al bruno, che si comunica agli altri minerali; ma si ottiene in istato di purità, trattando una soluzione di una parte e mezzo di cloruro di ferro coll'ammoniaca, nel qual modo diventa acconcio anche all'uso medico specialmente contro gli avvelenamenti arsenicali (§ 51). Si forma altresì, col nome di *ruggine* quando il ferro stia esposto all'aria umida. Al calore perde la sua acqua di idratazione, e rimane in istato di ossido.

Il *carbonato d'ossidulo* $FeO.CO_2$, conosciuto sotto il nome di *ferro spatico*, è uno de' più importanti minerali. In tale stato è raramente puro, ma sempre commisto a carbonati di manganese, di calce, di magnesia. Artificialmente si può aver puro col decomporre una soluzione di vitriolo di ferro col carbonato di soda. Il precipitato che si presenta è bianco, facile a convertirsi in verde e in bruno, nell'atto che assorbe ossigeno e passa in sesquiossido di ferro idrato, svolgendo acido carbonico. Sebbene insolubile nell'acqua, può tuttavia trovarsi nelle sorgenti che contengono acido carbonico, essendo esso capace di costituirsi in bicarbonato, nel qual caso forma il più salutare elemento delle così dette *acque acidule ferruginose o marziali*.

Il *cloruro semplice* o *protocloruro* $FeCl$, si produce collo sciogliere il ferro nell'acido cloridrico, nella quale soluzione si opera un deposito di cristalli di color verde cilestro, contenenti acqua di cristallizzazione. È solubile nell'acqua e nell'alcool, ha sapor d'inchiostro; è di qualche uso nell'arte tintoria.

Il *clorido ferrico* o *sesquicloruro di ferro*, Fe_2Cl_3 si produce in forma di cristalli rosso-bruni con acqua di cristallizzazione in una soluzione concentrata di ferro nell'acqua regia (§ 45); combinazione questa che ha uso medico, e si adopera pure per tinger la seta in giallo ranciato.

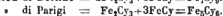
Il ferro combinasi al cianogene formando con esso tre composti analoghi a tre ossidi di ferro. Hanno la proprietà di associarsi con altri cianuri metallici generando composti d'indole speciale, intorno ai quali la chimica fece molte indagini, e che ricevettero utili applicazioni nelle arti.

Il *cianuro doppio di ferro e di potassio* $FeCy+2KCy+3HO$ è di questi il più importante, e ottiensi dall'arroventamento del carbonato di potassa con carbone nitrogenato e pezzetti di ferro. Da principio si carbonizzava a tal uopo il sangue disseccato: ora si predilige il vecchio cuoio, ovvero i capelli, la lana, ecc. La massa arroventata si fa bollire nell'acqua, e la soluzione chiarificata somministra raffreddando il cianuro ferro-potassico in bei cristalli gialli, adoperati per ottenere l'acido prussico (§ 65) e tutte le altre combinazioni cianiche.

La sua soluzione porge coi sali d'ossidulo ferrico, un precipitato bianco di cianuro ferrico semplice $FeCy$, che assume ben tosto un colore azzurro tendente sempre più ad oscurarsi: coi sali ferrici presenta inoltre un precipitato bleu-scuro, che è *il bleu di Berlino*.

Il così detto *sale alcalino rosso* del sangue $Fe_2Cy_3+3KCy+HO$, chiamato anche *cianido ferro-potassico* si ha in cristalli di colore rosso-giacinto, col mezzo d'una soluzione di 2 equivalenti del precedente sale alcalino-giallo, in cui per introduzione di cloro, si sottragga un equivalente di potassio. Questo produce coi sali ferrici ossidulati un precipitato bleu, che è il *bleu di Parigi;* cogli ossidati non dà precipitato di sorta.

L'*azzurro di Berlino* e quello di *Parigi* adoperati come colori bellissimi nella pittura, risultano da combinazioni del cianuro-ferrico semplice $FeCy$, col doppio Fe_2Cy_3 o cianido.

Bleu di Berlino $= 2Fe_2Cy_3+3FeCy=Fe_7Cy_9$.
» di Parigi $= Fe_2Cy_3+3FeCy=Fe_5Cy_6$.

22. Manganese.

Segno: $Mn=27$; Densità$=8$

102. — Il manganese è dopo il ferro un de' più diffusi e pesanti metalli, sebbene non si trovi mai in grandi masse, e isolato. Non v'è un minerale di ferro che non sia in generale associato col manganese, e perciò quasi mai il ferro ne manca del tutto; per lo meno ne contiene 4, 6 p. 0|0. Il manganese è molto renitente

alla fusione, duro, rigido, di frattura grigia come il ferro fuso, di splendore rossigno. Siccome si ossida all'aria ed all'acqua colla decomposizione di quest'ultima, così non è adoperato a verun uso.

103. — Il manganese forma sei composti coll'ossigeno. Il più conosciuto ed utile nell'industria è il perossido, il quale dicesi *manganese nero* sebbene abbia splendor d'acciaio, perchè tinge in grigio-nero la carta e la sua polvere è nera. Per la facilità con cui quest'ossido abbandona l'ossigeno è adoperato in più guise come mezzo d'ossidazione, e per ottenere l'ossigeno (§ 26); vien pure usato per iscolorare il vetro, e isviluppare il cloro (§ 44), circostanze tutte che lo rendono un oggetto importante pel chimico. Un quintale (*centner*) costa 3, 4 fiorini.

Il manganese è spesse volte accompagnato dal suo sesquiossido Mn_2O_3 o *braunite*, ovvero mescolato col medesimo idrato (*manganite*, od *acerdesia*) che segna la carta in grigio, ed è più dura del feldspato.

L'ossidulo o protossido di manganese MnO viene impiegato per dare alle materie vetrose il colore violetto, sebbene i suoi sali sieno bianchi o rosei; esso è la base di pressocchè tutti i sali di questo metallo.

Dopo d'aver arroventato per lungo tempo il perossido con potassa, si scioglie una parte della massa in acqua con un bel color giallo allo stato di *manganato* di potassa $KO.MnO_3$; e questa soluzione allungata perde all'aria a poco a poco il suo colore, che si converte in un bel rosso-purpureo, per essersi cambiato il sale in un *deutomanganato* $KO.Mn_2O_7$ il quale pure si decompone e lascia scolorita la soluzione. Per queste singolari mutazioni quella combinazione verde è stata chiamata il *camaleonte minerale.*

23. Cromo.

Segno: Cr=26; Densità 6,8. — Scoperto da Vauquelin.

104. — Questo metallo fu scoperto sin dal 1797, ma è in generale meno conosciuto del precedente, sebbene sia uno dei più interessanti. Quasi tutte le sue combinazioni presentano un bello e distinto colore, dal che è derivato il suo nome, che in greco significa appunto *colore*. È difficilissimo a fondersi, ha color bianco-grigio come il ferro, è duro, e non adoperato a verun uso tecnico.

Si trova nel piombo rosso di Siberia, o cromato di piombo, e nella così detta *ocra di cromo* e nel *ferro cromato*, che è costituito di ossidulo di ferro con ossido di cromo $FeO.Cr_2O_3$. Arroventando il metallo polverizzato con della potassa, si forma dell'acido cromico CrO_3 che si combina colla potassa in un *percromato di potassa* $KO.2Cr_3O$, sale cotesto di colore rosso solubile in acqua, utile a scoprire le altre combinazioni del cromo. Decomposto con sufficiente quantità di potassa si converte in *cromato semplice* $KO.CrO_3$, i cui cristalli hanno colore canerino. Le combinazioni solubili del cromo sono emetiche e velenose. Noteremo oltrecciò i seguenti composti:

Il *sesquiossido*, detto *ossido di cromo* Cr_2O_3 in forma di polvere d'un *bel verde*, che si ottiene sottraendo l'ossigeno all'acido cromico col riscaldare la soluzione di cromato di potassa col solfuro di potassio o con altri mezzi chimici, dai quali si conseguono gradazioni diverse di verde. Si usa come materia colorante, specialmente nella pittura sul vetro o sulla porcellana.

L'*acido cromico* CrO_3 si separa in forma di cristalli rossi, aghiformi, da una soluzione concentrata di deutocromato di potassa quando si tratti col mezzo dell'acido solforico. L'acido cromico è un principalissimo mezzo d'ossigenazione e come tale si usa o solo o nei suoi sali.

Il *percloruro di cromo* Cr_2Cl_3 è una combinazione conformata in iscaglie violette, o di un rosso fior di persico, lucente, che non sono però di nessun uso.

Il sale binario di *solfato di ossido di cromo* e *solfato di potassa* $KO.SO_3+Cr_2O_3.3SO_3+24HO$ presenta superbi cristalli d'un verde-grigio, detti *allume cromico* (V. § 95), ma non è adoperato neppur esso.

All'incontro il *cromato d'ossido di piombo* $PbO.CrO_3$ nelle sue gradazioni diverse di verde viene in molte circostanze impiegato, e si ricava da una soluzione di sale d'ossido di piombo mista a clorato di potassa.

Il *clorato di mercurio* ha un bel colore cinabro, ma nelle arti non venne finora adoperato.

24. Cobalto.

Segno: Co=30; Densità=8,5.

105. — In quasi tutti i minerali in cui esiste, il cobalto rinviensi in istato di combinazione coll'arsenico o collo zolfo, o allo

stato d'ossido cogli acidi arsenicico e solforico. Qualsiasi processo per avere questo metallo puro è congiunto a molte difficoltà per essere il medesimo accompagnato mai sempre da altri metalli, fra cui primeggiano il ferro, ed il nikel; e questa difficoltà si accresce dall'essere quest'ultimo in tutte le sue chimiche condizioni molto simigliante al cobalto stesso. Colla torrefazione si separa lo zolfo e l'arsenico, poscia sciolto il residuo in acido cloridrico si aggiunge della calce, per precipitare col latte di calce il ferro, e successivamente il nickel come ossido idrato, e finalmente il cobalto allo stato pure di ossido, che si riduce col mezzo del carbone.

Il cobalto è d'un grigio d'acciaio capace di politura, duro, e duttile; non si altera all'aria, si fonde soltanto a fuoco vivissimo, ma è senza applicazione alle arti. È attirato dalla calamita.

Il *protossido di cobalto* CoO, quando sia fuso insieme col vetro dà ad esso una tinta scura-azzurra. Questo *silicato* di cobalto macinato sottilmente somministra poi un colore azzurro-chiaro che si conosce sotto il nome di *smalto*. I sali di quest'ossidulo hanno un colore roseo, che sotto il riscaldamento si fa azzurro.

Il cloruro di cobalto CoO che si prepara disciogliendo lentamente il metallo nell'acido cloridrico è conosciuto specialmente per il suo uso nel così detto *inchiostro simpatico*. Se si scrivono caratteri sopra una carta bianca con una soluzione del medesimo che contenga un po' di cloruro di ferro, i caratteri restano invisibili alla temperatura ordinaria, attesa la debolezza della tinta rosea propria della soluzione, ma se il foglio si espone a moderato fuoco, si vedranno sovr'esso comparire i caratteri colorati in verde. Col raffreddamento scompaiono nuovamente.

25. Nickel.

Segno: Ni=29,0: Densità=8,8.

106. — Rispetto ai minerali del nickel come pure al modo d'ottenerlo ci riportiamo ai paragrafi precedenti. Il metallo viene in commercio in forma di piccoli dadi di color grigio-bianco, di consistenza notevole, molto duttili, capaci di politura e conservabili all'aria. Il nickel è attratto dalla calamita. I suoi sali sono verdi. La sua principale applicazione agli usi delle arti è limitata alla formazione del *nuovo argento* od *argentano* (§ 112) molto simigliante al vero argento.

26. Zinco.

Segno: Zn=32,5; Densità=7,0; Fusibile a 500° C.

107. — Lo zinco è un metallo bianco rigido, che esiste in natura in un minerale chiamato *franclinite* allo stato di ossido insieme cogli ossidi di ferro e di manganese, e si trae dalla *calamina*, altro minerale che è un *silicato d'ossido di zinco*. È impiegato principalmente nelle arti di fusione, e stirato in lamine per coprire tetti ed altre cose. È inoltre un ingrediente dell'ottone e dell'argentano. I chimici se ne giovano in ispecialità per la preparazione dell'idrogeno. Ad alta temperatura diventa tanto fusibile da poter essere distillato, passando in vapori; e arroventato all'aria arde con fiamma azzurro-chiara mutandosi in ossido.

I composti dello zinco esercitano azione venefica presi internamente e da principio emetica, ma esternamente diventano rimedii utilissimi contro alcune malattie d'occhi, al qual effetto si usano sovratutto l'ossido di zinco ZnO ed il solfato $ZnO.SO_3$ il quale ultimo per la sua estrema tenuità è anche nominato *nihil album* od anche *zucchero pegli occhi*. L'ossido, già sotto il nome di *bianco di zinco* adoperato nella pittura, ha il vantaggio sulla biacca di non essere velenoso, nè d'annerire sotto la influenza delle esalazioni.

Il *cloruro di zinco* ZnC si ottiene, o direttamente ponendo a contatto col cloro il metallo sottilmente diviso, o in soluzione facendo reagire l'ac. cloridrico sul metallo. Si adopera dai tintori come mordente, e dai metallurgi per lo *zincamento* del ferro mediante la corrente galvanica.

27. Stagno.

Stamnum; Segno: Sn=58; Densità=7,3; Grado di fusione=228° C.

108. — Prossimo all'argento può mettersi lo stagno, come il più bello de'metalli bianchi pel suo splendore, per la sua inalterabilità all'aria, e per tale proprietà sua un tempo molto adoperato negli arredi di tavola e di cucina. Lo si trova generalmente unito coll'ossigeno nella così detta *cassiterite* o *zinnstein* la quale lo somministra in istato di purità, quando venga fusa col carbone. L'Inghilterra, la Spagna, le Indie Orientali danno lo

stagno migliore. Nel piegarlo manda un certo crepitio che dipende dalla disposizione delle sue molecole cristalline. Lo stagno è pure sovente mescolato all'arsenico, o a bello studio falsificato col piombo, e per conseguenza in un modo o nell'altro, pericoloso.

Si impiega assai sovente nelle opere ed oggetti di fusione, per compiere i quali si prescieglie lo stagno in lamine, o la *stagnola*, od anche *l'argento falso in foglia*, che è usato parimenti per imitare lo splendor dell'argento, nonchè per guarentire il ferro dalla influenza distruttiva dell'aria. Soglionsi intonacare le lamine di ferro collo stagno, ovvero se ne fa una lega superficiale detta volgarmente *latta*, che somministra un materiale utilissimo a molti scopi. Anche i vasi di rame vengono stagnati e resi acconci a tenere le sostanze acide o grasse che entrano negli alimenti, non venendo lo stagno attaccato da quelle. Intorno ad alcune leghe col rame diremo alcuna cosa più sotto; qui accenneremo intanto certe altre e sono:

La *saldatura* del rame composta di 2 di stagno, ed 1 di piombo.

La *lega fusibile*, di 8 parti bismuto, 5 di piombo, 3 di stagno si fonde a 100° c., e quella di 4 di bismuto, 1 di piombo, 1 di stagno è fusibile a 94° c.

Delle combinazioni dello stagno annoteremo le seguenti:

Lo stagno forma coll'ossigeno un protossido SnO, un biossido SnO_2, un sesquiossido Sn_2O_3 e un ossido misto delli due precedenti Sn_6O_{11}.

Il *biossido* SnO_2 esiste nel regno minerale come abbiam detto, ma si può averlo in polvere bianca insolubile colla ossidazione dello stagno mediante l'acido nitrico. La *cenere di stagno* che si forma nel liquefare il metallo all'aria, e specialmente si adopera nella composizione dello smalto e nella invetriatura della terraglia, è un miscuglio di ossidulo ed ossido del detto metallo.

Col cloro esso forma tre cloruri. Il protocloruro $SnCl$ si presenta in cristalli scolorati sciogliendo il metallo nell'acido idroclorico. Questa sostanza agisce in alto grado come deossidante e per tal sua proprietà è un mordente che sotto il nome di sale di stagno ha una estesa applicazione all'arte tintoria.

Collo zolfo lo stagno si combina pure in tre proporzioni. Il *bisolfuro*, che è il composto più interessante, si prepara esponendo i ritagli di questo metallo con zolfo per lungo tempo a blando colore; esso è di un color giallo d'oro e d'uno splendore metallico, che sotto il nome d'*oro musivo* s'impiega dai fisici per co-

prire la superficie dei cuscinetti delle macchine elettriche, e dai verniciatori per abbronzire la carta, e diversi oggetti di legno, di ferro, di gesso e farli comparire dorati.

28. Piombo.

Segno: Pb=103; Densità=11,3; Grado di fusione=325° C.

109. — Generalmente il piombo si trova in unione collo zolfo in quel minerale grigio e splendente che si chiama *galena;* il quale torrefatto all'aria lascia volatilizzare lo zolfo in istato d'acido solforoso, mentre il piombo rimane combinato coll'ossigeno. Allora fondendo questo ossido col carbone rimane libero e puro il piombo.

Ognuno conosce questo metallo tenace, pieghevole, facile a tagliarsi anche con un coltello, che rotolato in lamine, foggiato in fili, in tubi e in ogni altra forma s'impiega in varii lavori di fusione, fra i quali non è ultimo quello delle palle da fucile e dei pallini. Serve inoltre a formar leghe diverse, talune già accennate parlando dello stagno. Il piombo non presenta se non nelle sezioni fatte di fresco uno splendore metallico vivace e grigiastro ceruleo, perchè diviene ben presto smorto col coprirsi d'una pellicola d'ossido Pb_2O. Dall'acido cloridrico nè dal solforico diluito esso non viene attaccato; ma resta sciolto prontamante dal nitrico. L'acqua *distillata* ne scioglie pure una piccola quantità, mentre quella comune che contiene sali calcarei, sebbene condotta entro tubi di piombo, non se ne appropria per nulla.

I composti del piombo sono tutti venefici, produttori di dolori, e spasmi d'intestini che si conoscono sotto il nome di *coliche saturnine*, contro le quali sono consigliate le acque idrosolforose. Spesse volte nascono avvelenamenti di piombo dall'uso di vasi di stagno che contenga un po' di piombo e dalle pentole di terra mal cotta (§ 97) e dalle sostanze che serbansi inviluppate in foglia di piombo qual è, p. e., il tabacco.

Il piombo forma un sottossido Pb_2O, un protossido PbO, e un biossido PbO_2.

Il *protossido di piombo* PbO, detto anche *litargirio d'argento*, si produce col riscaldare il piombo all'aria, come si fa nella preparazione dell'argento dai minerali argentiferi, e lo si ottiene allora come prodotto secondario. È giallo-grigio, in laminette lucenti. Serve alla confezione degli altri preparati di piombo in ispecie

a quella del vetro, alla invetriatura delle stoviglie (§ 97) ed alle vernici.

Una combinazione del protossido col perossido PbO_2 è il *minio*, che è rosso di mattone, e si usa come colore nella pittura, e specialmente alla fabbricazione del vetro al par dell'ossido anzidetto. Misto con olio seccativo serve a fare un mastice tenacissimo.

Il *carbonato d'ossido di piombo* $PbO.CO_2$ o *cerussa* o *biacca* è una delle materie coloranti di maggior importanza, che si prepara il più semplicemente dirigendo una corrente d'acido carbonico in una soluzione d'acetato di ossido di piombo. Essa costituisce nella pittura il fondo a dir così di tutti gli altri colori, ed è la base di tutte le vernici ad olio ed a colla, mercè le quali si tingono i legnami delle nostre abitazioni. La biacca genuina deve potersi sciogliere completamente nell'acido nitrico puro, col quale si possono riconoscere poi altre mescolanze dello spato pesante (§ 90).

Il *nitrato d'ossido di piombo* $PbO.NO_5$ è cristallizzato in belli ottaedri analoghi alla porcellana, e solubile nell'acqua. L'acido solforico ed il cloridrico generano in questa soluzione un precipitato bianco, l'uno di solfato di ossido di piombo $PbO.SO_3$, l'altro di cloruro di piombo PbCl.

Il *solfuro di piombo* si manifesta in forma di precipitato nero coll'introdurre dell'ac. solfidrico in una soluzione saturnina.

Il *cloruro di piombo* PbCl combinandosi coll'ossido dà origine a molti ossicloruri tutti dotati di bei colori, e perciò adoperati nella pittura, come sono il *giallo minerale*, il *giallo di Cassel* ed altri.

29. Bismuto.

Segno: Bi=104; Densità=9,8; Grado di fusione=264° C.

110. — Questo metallo bianco tendente al rossigno fu dagli antichi confuso collo stagno. Si trova per lo più nativo, ma non di frequente, come pure allo stato di ossido e di solfuro. Esso non è dotato di caratteri importanti: noteremo soltanto la sua molta e speciale tendenza, mercè un lento raffreddamento, a produrre cristalli. Si usa come componente delle leghe facilmente fusibili (v. *zinco*), ed il suo nitrato basico (*magistero di bismuto*) in medicina, e come cosmetico per imbianchire la pelle.

—

30. Antimonio.

Stibium; Segno: Sb=129; Densità=6,7; Grado di fusione=425° C.
Scoperto da Basilio. Valentin alla fine del secolo XV.

111. — Questo è uno dei metalli più fragili, i più facilmente polverizzabili. Ha un colore bianco-grigio, frattura a grana fina, è abbastanza inalterabile all'aria, al calore facilmente combusto e convertito in ossido. Fondendo insieme 1 parte d'antimonio, e 4 di piombo producesi una lega, che serve a formare i caratteri da stampa. Il metallo *britannia* è un'altra lega che contiene dal 9 al 15 0|0 d'antimonio, unito allo stagno che ne costituisce il rimanente, la quale è d'un bianco argentino, molto lucida e serve a fabbricarne cocome da thè, medaglie ed altro.

Le combinazioni dell'antimonio sono notevoli per le loro facoltà medicinali, ed appartengono perciò ai farmachi più efficaci. In certa quantità apportano vomito, e divengono venefiche; ma in piccola dose riescono sudorifere. Ci contentiamo di accennare a questo proposito l'*ossido* d'antimonio SbO_3 e specialmente il *solfuro triplo* SbS_3 che sotto il nome di *etiope antimoniale* si presenta nell'aspetto d'un minerale nero, cristallino, splendido, mentre il *solfuro quintuplo* SbS_5 o *zolfo dorato* è in polvere di bel colore ranciato (§ 43). Con una maggiore quantità di ossigeno si forma l'*acido antimonico* SbO_5. L'*idrosolfuro* SbH_3 fu già descritto al § 51.

31. Rame.

Cuprum; Segno: Cu=31,7; Densità=8,8.

112. — Questo metallo è dotato d'un bel colore rossastro, duro, duttile, tenace, fusibile soltanto a molto alta temperatura. Si rinviene non di rado in istato nativo, e perciò fu da remota età conosciuto ed impiegato dagli uomini e ben prima del ferro ch'è il più difficile a ridurre a pretto metallo. Ciò non di meno anche il rame offresi il più sovente sotto forma d'ossido, di carbonato, di fosfato, di solfato, d'arseniato, e sovratutto di solfuro, nel qual caso è unito d'ordinario al solfuro di ferro, e dicesi *pirite di rame*, e questa viene principalmente adoperata per la estra zione del metallo.

Si può ridurlo facilmente dallo stato di ossido col mezzo del

carbone e colla cooperazione d'una scoria silicea; la pirite si converte in ossido mediante la terrefazione sotto forma di rame nero, e quindi da questo stato si fa passare a metallo puro come è detto di sopra.

Il rame si lavora foggiato in lamine per un gran numero d'oggetti d'uso, secchi, caldaie, apparati distillatorii, ecc., avendo sulla latta il vantaggio di lasciarsi stirare, e d'essere meno attaccato dall'aria. Anche il fil di rame ebbe una grande applicazione nella telegrafia elettrica; forma poi una serie numerosa di leghe con altri metalli, utili a molti scopi, di cui le principali sono:

1° L'*ottone* che si produce con 71 parte di rame e 29 di zinco, è giallo, lucente, ed adoperato generalmente per oggetti di fusione.

2° L'*ottone rosso* o *tombacco* o *similoro* composto di 85 parti di rame e 15 di zinco. Ridotto in laminette costituisce l'*oro in foglia falso* che polverizzato si usa a colorire in oro e ad indorare.

3° Il *bronzo* adoperato per opere d'arte che consiste di 85, 97 parti di rame e di 15, 3 di stagno.

4° Il *metallo dei cannoni* che si forma con 90 parti di rame, e 10 di stagno.

5° Il *metallo delle campane* composto di 75, 80 di rame, e 25, 20 di stagno.

6° Il *nuovo argento* o *argentano* costituito di 2 di rame, 1 di nikel, ed 1 di zinco.

7° L'argento monetato e quello degli arredi d'argentiere, come pure l'oro si allegano sempre col rame come diremo più tardi.

113. Combinazioni del rame. — Queste si distinguono pel loro sapore nauseante, che si rivela tosto che si tocchi colla lingua un oggetto di ottone o di rame; poscia per essere tutte venefiche, proprietà che obbliga a stagnare tutti i recipienti da cucina. Gli antidoti contro cotali avvelenamenti sono da prima gli emetici, e poi le grandi dosi di acqua zuccherata. Il colore che predomina nelle dissoluzioni di rame è l'azzurro e il verde. Il ferro polito, p. e., una lama di coltello, posta dentro ad un liquido contenente un sale di rame acquista in breve tempo una copertura rossastra di puro metallo cupreo.

Due sono gli ossidi importanti di rame, vale a dire il protossido CuO, ed un sottossido Cu_2O non avendo il biossido verun uso.

Il *protossido* è una massa nera che si forma sul rame esposto all'aria, ed arroventato; e si adopera per analisi di sostanze organiche. L'*ossido idrato* $CuO.HO$ è un precipitato d'un bel co-

lorito bleu che si forma nel decomporre una soluzione di solfato di ossido di rame colla potassa. Riscaldato perde l'acqua, e si muta in ossido nero.

Il *sottossido* fuso coi corpi vetrosi li colora in rosso-rubino, e serve per l'imitazione delle pietre preziose.

Il *solfato d'ossido di rame* CuO, SO_3 con 5 equivalenti d'acqua di cristallizzazione, detto anche *vitriolo bleu*, è uno dei più bei sali che si ottiene arroventando il rame coll'acido solforico. Serve per la formazione di molti preparati di rame, nella tintura, nella galvano-plastica, nella pittura per preparar il *verde di Scheele* e di *Schweinfurt*, e si usa anche rammollire il frumento destinato alla semina in una debole soluzione di esso, ondè perseverarlo da corruzione.

Il *carbonato d'ossido di rame* CuO, CO_2 è un precipitato verde azzurro che si produce dalla decomposizione del sale precedente col carbonato di soda. È usato come materia per colorire le carte, e dicesi *cenere bleu inglese*. Si forma mettendo in contatto il rame o le sue leghe con acqua ed all'aria; quando è con eccesso di base prende il nome di *verderame*. Esiste anche in natura in bei cristalli cilestri, e dicesi *bleu di montagna*, o in masse verdi conosciute sotto il nome di *malachite*.

L'*arseniato d'ossido di rame* ha un bel colore verde, ma pel suo caratere sommamente venefico è ben di rado adoperato, e si conosce col nome di *verde di Scheele*.

Dell'*acetato* d'*ossido* di rame, ossia del vero verde rame sarà più tardi discorso.

32. Mercurio.

Hydrargyrum; Segno: Hg = 100; Densità = 13,5;
Grado di bollitura 260° C.

114. — Con questo comincia la serie de' metalli più pregiati che rimangono inalterati al contatto dell'aria atmosferica.

Il mercurio riunisce in sè alcune proprietà singolari, precipua delle quali si è che mentre può dirsi appartenere alla classe dei corpi solidi, tuttavia le sue molecole hanno sì poca coerenza reciproca da separarsi al menomo urto, scorrer le une sulle altre, e dare al medesimo l'apparenza d'un liquido. Per questo egli venne prescelto nella costruzione del termometro e del barometro. Si solidifica a — 40° C.

Un'altra delle sue proprietà che ne rende l'uso molto utile si

è la facoltà di combinarsi con altri metalli, e produrre le così dette *amalgame*; è perciò appunto che possiamo col suo intervento estrarre l'oro e l'argento dalle loro matrici minerali, ed effettuare le dorature. Un amalgama di mercurio e stagno forma quel composto metallico di che si intonaca il vetro acciò diventi uno specchio; un'altra di 2 parti di mercurio, 1 di stagno ed 1 di zinco serve a rivestire i cuscinetti delle macchine elettriche.

Il mercurio si trova o nativo o combinato collo zolfo, da cui viene facilmente liberato quando si mescoli a ritagli di ferro e si sottoponga a distillazione. Lo forniscono abbondante in Europa le miniere d'Idria nell'Illirio; quelle d'Almaden in Spagna e in minor quantità la Baviera Renana, ma la maggiore proviene dalla America del Sud. Ciò nondimeno esso si annovera tra i metalli rari, e costa 1 $^1/_4$ fiorini al mezzo chilogrammo.

Le *combinazioni* del mercurio sono in generale veleni potenti non escluse le sue esalazioni ed i vapori prodotti dalla sua volatilizzazione. Il fenomeno principale che producono è quello della salivazione, e di una generale o parziale paralisi. A dosi piccole peraltro sono usate in medicina e costituiscono alcuni de' più efficaci e sicuri rimedii in certi generi di malattie.

Dall'*acido nitrico* il mercurio è attaccato fortemente, e forma con esso un sale che si deposita al raffreddarsi della massa con eccesso di metallo, detto nitrato di protossido di mercurio Hg_2O, NO_5. Riscaldandolo acquista ossigeno e diviene un nitrato di ossido HgO, NO_5. Portato a calore intenso si decompone e si ottiene un ossido idrargiroso HgO, rosso mattone di splendore, metallico, atto a svolgere l'ossigeno, nonchè a fare pomate pei mali d'occhi, che chiamasi *precipitato rosso*.

Il mercurio si scioglie nell'acido prussico e forma il *cianuro di mercurio* cristallizzato $HyCy$; col cloro forma due cloruri. Il *bicloruro* $HgCl$ si dice anche *sublimato* stantechè si ottiene colla sublimazione, riscaldando un miscuglio di sal di cucina e di solfato di mercurio, e ne risulta un composto che è un potente veleno tanto per gli animali che per le piante. La sua soluzione serve tuttavia a preservar le carni dalla corruzione, ed a guarentire il legname da costruzione dallo sviluppo di funghi che sotto nome di *putredine secca* recano nelle opere in legno grandissimi guasti.

Un altro uso del mercurio sublimato è quello di venir adoperato per la conservazione degli oggetti di storia naturale, preservandoli esso dal tarlo, come pure quello delle applicazioni terapeutiche e locali, massime contro le malattie ribelli della cute. Anche

la somministrazione interna di questo composto è di una efficacia molto proficua quando sia fatta in dosi giudiziose e ben ponderate sovratutto contro alcune infezioni costituzionali.

Aggiungendo del mercurio al detto bicloruro si forma il *protocloruro* Hg_2 Cl, ovvero il *calomelano*, corpo insolubile nell'acqua, volatile e indecomponibile al calore, che costituisce uno dei più ordinarii medicamenti, d'azione preponderante, purgativa.

Due sono parimenti i solfuri di mercurio. Il proto-solfuro HgS o *cinabro* venne già descritto al § 3 fino all'11, e sebbene si trovi nativo, viene però meglio ottenuto colle artificiali preparazioni, col mescolare una parte di zolfo a 6 di metallo, e poi sublimare il miscuglio, che raccolto, si polverizza. Il più bel cinabro si prepara nella Cina, e si conosce col nome di *vermiglione.*

33. Argento.

Argentum; Segno: Ag = 108; Densità = 10;
Grado di fusione = 1000° C.

116. — L'argento, se non è il più costoso dei metalli, può dirsi il prescelto dagli uomini a cagione del suo splendore bianco per la fabbricazione di suppellettili d'ogni specie, nelle quali viene foggiato in tutte le forme. Con esso infatti si prepara ogni maniera di vasi, di candelabri, di ornamenti, ai quali esso acconciasi mirabilmente non solo col suo bel candore metallico che mai non s'altera all'aria, ma anche per la sua duttilità prestandosi ad esser tirato in fili sottilissimi.

L'argento si rinviene in natura in diversi Stati; il solfuro è però il minerale più abbondante, sovente associato a quello di piombo o galena, ed a quello d'arsenico. Si trova pure nel Messico sotto forma di clorori, bromuri, ioduri, e da ultimo Malaguti e Durocher lo scopersero in minime quantità anche nelle acque del mare.

L'estrazione di esso è una delle più importanti operazioni della metallurgia; e si pratica torrefacendo le piriti di piombo argentifero all'aria affine di far passare il piombo allo stato di ossido, o litargirio, (§ 109) e separarlo poi dall'argento colla *coppellazione*. I minerali di rame argentifero si trattano similmente a fuoco per estrarne il rame; si fonde il rame nero che ne risulta col piombo per aver la lega, donde si separa per *liquazione* il piombo argentifero, e si procede poi alla *coppellazione*. Quei minerali argentiferi che scarseggiano troppo di piombo o di rame

perchè si possa trarne profitto, si polverizzano e si sottopongono all'amalgamazione; la quale secondo il metodo americano usato nel Messico, si compie senza uopo di combustibile, e secondo quello di Freyberg, e in generale delle miniere d'Europa si fa coll'aiuto del fuoco. L'amalgama sottoposto alla distillazione lascia come residuo l'argento. Il processo seguito in codeste operazioni è assai lungo e complicato, dovendo l'argento, prima che sia suscettivo di amalgamarsi, passare per diversi stati di solfato e di cloruro.

La quantità d'argento annualmente prodotta in commercio, secondo un calcolo del signor Rivot, sarebbe la seguente:

Dal Messico circa	650 tonnellate
Dal Perù	110
Dal Chilì	410
Dalla Bolivia.	50
Dai diversi Stati d'Europa . . .	108

L'argento è nel novero dei metalli preziosi che gli antichi chiamavano nobili, per indicare la preminenza dei loro caratteri. Esso è bianco-splendente, non ha odore nè sapore, è duttile e malleabile, un suo filo del diametro di 2 millim. non si rompe che con un peso di circa 85 chilog. è ottimo conduttor d'elettricità e di calorico, si fonde ad una temperatura che si calcola di + 1000°, ed è suscettivo di cristallizzarsi in ottaedri. L'aria secca o umida non ha azione su di esso, a meno che non contenga idrogeno solforato, nel qual caso la superficie dell'argento si annerisce per la formazione d'un sottile strato di solfuro; l'acido solforico e cloridico non lo alterano a freddo; il nitrico lo discioglie.

Fra gli usi ben noti di questo metallo nessuno è più esteso ed importante di quello della monetazione. Siccome però la sua mollezza e duttilità lo renderebbe, ove fosse puro, men atto a sostenere senza logorarsi e sformarsi il quotidiano e continuo attrito cui son sottoposte le monete, così alla pasta d'argento si aggiunge una certa quantità di rame affine di darle la conveniente durezza. Le proporzioni del rame sull'argento si esprimono ragguagliandole ad una determinata unità di peso che serve a distinguere l'argento *puro* dall'argento così detto *fino*. E questa unità è il *marco*, il quale corrisponde al peso di 233,85 grammi. Una quantità d'argento puro avente questo peso si denomina *argento di marco*, 219,24 grammi di argento puro con 14,61 di rame rappresentano l'argento *fino*: 190 grammi d'argento puro, e 44 circa di rame

formano l'argento di *lega*: e tutte queste qualità del metallo corrispondono sempre al peso de' 233,85 che è quello del marco. Il contenuto d'argento in un oggetto d'arte è adunque stabilito per legge, ma non serbansi le medesime proporzioni in tutti i paesi; quindi vengono guarentite da un bollo.

Le leghe di argento che si adoperano per le monete anch'esse, e con maggior ragione soggiacciono ad un *titolo* legale. Questo titolo è in Francia e in Italia stabilito al 900 per 1000, vale a dire la moneta d'argento deve contenere 900 parti d'argento e 100 di rame. Tuttavia siccome è difficilissimo che la fusione di una lega sia perfettamente omogenea in ogni sua più piccola parte, così fu accordato un limite di tolleranza di 3 millimetri in più o in meno per le monete, e di 5 per le argenterie.

Il titolo legale venne recentemente ridotto alquanto più basso per le piccole monete d'argento, cominciando dal pezzo di due franchi, le quali servono quasi esclusivamente ai bisogni interni del paese.

La saldatura dei pezzi di argenteria si fa mediante una lega composta di 667 parti d'argento, 233 di rame e 100 di zinco.

Si fabbricano pure vasi, ed altri utensili con lamine di rame coperte da foglie d'argento che vi si salda sopra fortemente, e tali oggetti hanno il nome francese di *plaqué* o *doppiato d'argento*. Il titolo di tali oggetti è bassissimo, vale a dire d'un ventesimo, essendo il rame e l'argento doppiati insieme nelle proporzioni di 19 del primo, e 1 del secondo. Le analisi delle leghe di questo metallo si possono operare in parecchi modi.

1° Collo esplorare i caratteri fisici, giacchè la lega sarà di titolo tanto più elevato quanto più sarà densa bianca duttile malleabile e sonora.

2° Colla pietra di paragone, o con *tocchelli* di leghe ,il cui titolo sia conosciuto. La pietra di paragone che è nera, riceve una traccia tanto più bianca quanto più sarà predominante l'argento, e tanto più rossastra quanto più sarà il rame che entra nella lega. I *tocchelli* sono verghette di composizione determinata, unite per lo più insieme a mo' di stella, in numero di otto, o di sedici che contengono da una fino a otto, o sedici parti d'argento. Si segna pertanto una striscia sulla pietra di paragone colla lega da esplorarsi, e accanto a questa si fanno strisciare i tocchelli, per osservare a quale delle righe da ciascuno segnate la prima sia uguale per tinta. Una tale operazione, che esige occhio molto pratico, non somministra che dati approssimativi.

3° Più sicuro è il saggio, che dicesi *al decimo* che consiste nel prendere gr. 0,100 di lega e sottoporli alla *coppellazione* con gr. 1 di piombo, pesando quindi il bottoncino d'argento che si ottiene. Se si moltiplica per 10 il risultamento di questa operazione, si ha press'a poco il titolo della lega espresso in millesimi. Le *coppelle* sono cassule porose e di grosse pareti fatte con pasta formata di ceneri d'ossa e un po' d'acqua. L'ossido di piombo fuso e tenente in soluzione gli altri ossidi imbeve di sè la coppella e scompare, per la qual cosa in essa non rimane libero che il globetto d'argento affinato. L'operazione si fa in appositi forni.

4° La più esatta delle prove è poi la *prova per via umida* che consiste nello sciogliere il pezzetto d'argento, destinato all'assaggio, dentro l'acido nitrico, e nel far precipitare da poi l'argento stesso col cloruro di sodio in forma di *cloruro d'argento* che è insolubile, mentre il rame rimane in soluzione. Si usa perciò d'una soluzione di sale di cucina *titolo* per far precipitare da 100 cent. cubici un grammo d'argento. Ed a quest'uopo si sciolgono gr. 5,416 di sale in 1000 centimetri cubi di acqua; si infonde un pezzetto di 1 grammo della lega argentea che si vuole esplorare nell'acido nitrico e vi si aggiunge a poco a poco col *vaso a sgocciolo*, fig. 55, la soluzione salina finchè più non si forma precipitato. Il numero dei centimetri cubici di soluzione a ciò impiegati dà le proporzioni centesimali dell'argento contenuto nella lega.

Fig. 55.

Delle combinazioni dell'argento la più meritevole d'osservazione si è il *nitrato d'ossido d'argento* AgO, NO_5 che si produce in cristalli bianchi da una soluzione d'argento puro in acido nitrico. Il sale così ottenuto è venefico, caustico, facilmente distruttore dei tessuti animali, e detto perciò in medicina *pietra infernale;* colorisce dopo alcun tempo in nero, quando è sciolto, le sostanze organiche, lasciando una tinta così detta *indelebile* sui pannilini, perchè insolubile anche sotto il bucato, ma dessa però si cancella facilmente col cianuro di sodio.

Il *cloruro d'argento* si produce quando sulla soluzione del metallo si fa passar del cloro o qualunque altra sostanza che ne contenga; con che si presenta coi caratteri d'un precipitato bianco, mutabile alla luce del sole in violetto, che diventa poi nero. Il *bromuro* e il *joduro* d'argento sono analoghi al cloruro, ma di color giallo che annerisce ancora più prontamente alla luce come vedremo più sotto.

34. Oro.

Aurum; Segno: Au = 196, Densità = 19,5;
Grado di fusione = 1200° C.

118. — L'oro lucente è il più magnifico di tutti i metalli, e già dagli antichi denominato il sole, il re dei metalli. Sebbene sia diffuso per moltissime contrade del globo, non si trova mai in masse considerevoli, e quindi la sua scarsezza contribuisce a renderlo il più prezioso. Si rinviene nativo e puro entro a filoni di quarzo, misto in forma di piccolissimi granelli e pagliette alle sabbie di certi fiumi, ed associato ad alcune piriti e galene che acquistano il nome di aurifere.

Le regioni ove si trova con maggior frequenza sono: la California, Bathurst in Australia, le Indie Orientali, l'Africa, l'America Meridionale, l'Ungheria, l'Ural. In generale il trattamento metallurgico dei minerali d'oro è dei più semplici; fondato sulla gran densità di questo metallo, esso consiste per lo più in una semplice lavazione, che portando via le ganghe leggiere, lascia le pagliette d'oro come residuo. Qualora si abbia un minerale roccioso, esso vien anzitutto ridotto in polvere, poi trattato colla lavatura; se invece abbiasi una pirite è necessario l'arrostimento per trasformare i solfuri di piombo o di rame in solfati ed in ossidi leggieri che possano esser trascinati via dall'acqua. Dai minerali poveri lo si ricava comunemente polverizzandoli, e agitando la polvere nel mercurio che scioglie l'oro, e forma un amalgama. Si libera poi dal mercurio mediante l'arroventamento della massa e la distillazione.

Fra le più distinte particolarità dell'oro, è da notarsi la sua straordinaria duttilità per la quale un solo grano di esso può essere tirato a 500 piedi di lunghezza in filo metallico ed inoltre spianato ed allargato in laminette di una spessezza di 1/200000 di pollice. Perciò si possono dorare molti oggetti coprendoli di queste paginette d'oro, come sono, p. e., i nomi e le cornici dei ritratti e disegni, ovvero spalmandoli (specialmente se sono corpi metallici) mediante una soluzione d'oro nel mercurio, mettendoli successivamente al fuoco per volatilizzare quest'ultimo, locchè si dice appunto *indorare a fuoco*. Un terzo modo è quello della galvanizzazione (§ 124).

Sotto il riguardo chimico dobbiamo avvertire che l'oro non è

attaccato da verun acido, neppure dallo stesso solfidrico. Per converso è disciolto dal cloro libero, per la qual proprietà si usa d'un miscuglio d'acido nitrico e cloridrico (§ 45) sotto il nome di acqua regia per avere la sua soluzione; la quale contiene perciò un *cloruro d'oro triplo* $AuCl_3$ di color giallo, che tinge la pelle e i tessuti organici in colore purpureo.

Una soluzione di cloruro d'oro trattata con solfato di ossidulo di ferro, dà un precipitato d'oro metallico in polvere bruna.

Mescolando le soluzioni di cloruro d'oro e cloruro di stagno si ha un precipitato, che si conosce sotto il nome di *porpora d'oro di cassius*, il quale fuso nel vetro o nella porcellana somministra un calore di porpora magnifico.

Siccome questo metallo è abbastanza cedevole, e d'altronde carissimo, non si lavora mai in istato di assoluta purezza, ma sempre misto ad un po' di rame. Un marco d'oro fino si divide in 24 *carati;* e l'oro di 24 carati si considera sempre oro finissimo ed è composto di 23 d'oro fino, ed 1 di rame; e così di seguito, gli zecchini d'Olanda e d'Austria hanno cosiffatta composizione: i francesi e prussiani sono di carati 21 3/4. Negli oggetti di adornamento si adopera oro più basso, cioè con maggior lega.

35. Platino.

Segno: Pt = 99; Densità = 21

119. — Questo metallo non è conosciuto che dall'epoca della scoperta d'America dalle cui parti meridionali soltanto arrivava fra noi, finchè in questo secolo fu rinvenuto anche nei monti Urali. Si trova dapertutto in istato nativo, di color bianco tendente al grigio, dotato di cedevolezza sufficiente, e di molta duttilità. Come l'oro si lascia attaccare soltanto dal cloro, onde non è solubile che nell'acqua regia. Ha però sull'oro il vantaggio d'essere infusibile alle più forti temperature; e questa proprietà gli imparte il pregio di esser acconcio alla fabbricazione di alcuni apparati chimici, quali sono crogiuoli, capsule, vasi distillatorii già accennati al § 41, sempre tuttavia molto costosi. In Russia fu anche coniato in moneta.

Per la sua infusibilità il platino rimase per lungo tempo senza applicazione alle arti, e senza uso, non essendo ancora conosciuta la maniera di lavorarlo stante le difficoltà che esso presentava. Si tiene ora il seguente processo. Il minerale greggio o gli oggetti di platino divenuti inservibili si disciolgono nell'acqua

regia, e vengono decomposti con soluzione di sale ammoniaco: ne nasce così un precipitato giallo di cloruro di platino ammoniacale $PtCl_2+NH_4Cl$, generalmente appellato *sal ammoniaco di platino*. Col fuoco forte di arroventamento questo si decompone, lasciando il platino in forma di una massa grigia, finamente polverulenta, spugnosa, perciò detta *spugna di platino*. Il metallo si conglomera mercè la forza di energica compressione; poi col riscaldare fino ad incandescenza gli si comparte la densità e la coerenza e si ha in tal guisa idoneo ad essere lavorato..

La spugna di platino possiede la singolare proprietà di condensare i gas nei suoi interstizii, con grande svolgimento di calore, in conseguenza del quale è capace di accendere il gas idrogeno, che si dirige verso di essa; si facea uso un tempo frequentemente della medesima nell'accendifuoco a gas idrogeno.

Fenomeni elettro-chimici.

120. — Facendo passare una corrente elettrica a traverso d'una qualunque combinazione chimica, si produce una decomposizione qualora la corrente sia forte abbastanza e i due fili conduttori, pei quali essa entra ed esce, si trovino in sufficiente distanza fra loro. L'elettricità sviluppata coll'attrito presenta questa azione in grado assai men sensibile: ma le correnti prodotte da contatto o da apparecchi elettro-magnetici manifestano una forza disgregante validissima. Generalmente si adopera la corrente galvanica per le chimiche decomposizioni, e questa operazione appellasi *elettrolisi*. Ben poche combinazioni chimiche resistono per intero alla potenza dissociante delle medesime, e queste poche sono quelle a cui manca la facoltà conduttrice, qual è, p. e., l'alcool e l'olio.

E singolare e notevole che nelle analisi elettriche uno dei corpi componenti la combinazione si porti sempre al polo positivo, l'altro al negativo: ed è perciò che l'uno è detto *elettro-negativo*, il secondo, componente *elettro-positivo*. Qui patentemente si manifesta una attrazione per gli elementi del composto da parte dei fili polari, i quali se son di tal natura da formare combinazione col corpo che si è disgregato, la combinazione ha luogo realmente. Se i fili metallici sono fatti di rame, ed in uno di questi si separa

ossigeno, questo converte in ossido di rame il filo medesimo. La corrente elettrica non agisce dunque soltanto decomponendo, ma è anche disposta a dar origine a nuove combinazioni. In generale si adoperano a quest'oggetto fili di platino come quelli che non sono intaccati se non da piccolo numero di sostanze.

È una legge elettrolitica che quantità uguali di elettricità decompongono uguali e corrispondenti quantità di una chimica combinazione; che la decomposizione si compie secondo le proporzioni d'un equivalente chimico, cosicchè per un equivalente di zinco, che nell'eccitare una corrente viene disciolto, si decompone un equivalente di acqua o d'altra combinazione.

121. — Per ricerche elettrolitiche si prescelgono in generale gli elementi galvanici di Bunsen formati di carbone e zinco, uniti insieme col mezzo di una catena (Fisica, § 208). Coi fili conduttori si uniscono essi all'apparecchio decompositore. La fig. 56 mostra un di questi destinato alla decomposizione dell'acqua. La corrente passa per f ed f' pel filo metallico, che finisce in una laminetta di platino. Al polo positivo si separa l'ossigeno; al negativo l'idrogeno nelle corrispondenti proporzioni di 1 a 2. L'ossigeno ottenuto per via elettrolitica manifesta le proprietà dell'ozono.

Fig. 56.

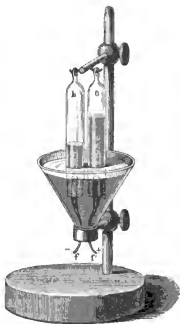



Fig 57.

I sali alcalini vengono decomposti in guisa che gli acidi recansi al polo positivo, le basi al negativo. Se si colloca in un sifone di vetro (fig. 57) una la soluzione di solfato di soda $NaO.SO_3$, colorita con una tintura di viole o di tornasole in bleu, e si fa passare per

mezzo dei due fili metallici una corrente per essa; l'acido solforico si porta al polo positivo e colorisce in quel braccio del sifone il tornasole in rosso, mentre nell'altro per la soda divenuta libera il liquido diventa di color verde. Interrompendo la stessa corrente, l'acido si combina di nuovo colla base e la sostanza ridivenuta neutra, ricupera il suo colore azzurro.

I sali dei metalli pesanti sono dalla corrente galvanica decomposti per modo che al polo negativo viene decomposto e separato il metallo, mentre l'ossigeno e l'acido, o il radicale dell'acido, p. e., il cloro, il ciano, si portano al positivo.

122. — Delle sostanze semplici da noi ora conosciute l'*ossigeno* è sempre attratto al polo positivo; il *potassio* al negativo; il primo è adunque il più elettro-negativo, il secondo il più positivo di tutti gli elementi. Gli altri vanno, secondo le lor combinazioni, ora all'uno ed ora all'altro polo. Nella così detta *serie elettrica* seguente sono coordinati in guisa, che ciascuna sostanza si comporta colla seguente elettro-negativamente, e positivamente con quella che precede. Così, p. e., il cloro è separato *negativamente* dalla sua combinazione coll'ossigeno; e da quella coll'acqua o coi metalli *positivamente*. Quelle sostanze che nella serie elettrica stanno alla massima distanza, possiedono più energiche reciproche affinità, di quelle che si succedono immediatamente.

Serie elettrica delle sostanze semplici;

Ossigeno	Solfo	Nitrogeno	Cloro
Bromo	Iodio	Fluore	Fosforo
Arsenico	Carbone	Cromo	Bono
Antimondo	Silicio	Oro	Platino
Mercurio	Argento	Rame	Bismuto
Piombo	Cobalto	Nickel	Ferro
Zinco	Idrogeno	Manganese	Alluminio
Calcio	Stronzio	Bario	Sodio
Potassio +			

Col fondamento di questi fatti venne da taluni stabilito che l'affinità chimica abbia il suo movente nello stato elettrico, e nel modo di comportarsi delle sostanze semplici rispetto a questo. Siccome tuttavia molti fenomeni chimici non si saprebbero spiegare con la sola teoria elettro-chimica, così questa non ha potuto reggere e diventar dominante.

123. — La *galvanoplastica* è una applicazione pratica delle decomposizioni chimiche operate col mezzo della corrente elet-

trica, della quale andiamo debitori al fisico Jacobi. Quando da un oggetto in plastica, qual sarebbe, p. e., una moneta, vuolsi ritrarre una copia, la si ottiene nel modo seguente. Prendasi un vaso cilindrico di vetro con margine rimboccato, e senza fondo, del quale tiene luogo una vescica inumidita, legata con un filo metallico attorno all'apertura (fig. 58). Inoltre si saldi una lamina di zinco lunga circa 14 cent. e larga 3 con una di rame lunga da circa 28 cent., e quest'ultima, come nella fig, 59, sia ripiegata e disposta in modo che sovra la sua parte inferiore orizzontale possa venir collocata la medaglia o moneta di cui si desidera ottenere la ripro-

Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60.

duzione. La lamina di zinco s'immerga nel cilindro sovraindicato dentro ad una soluzione allungata di acido solforico (1 parte d'acido, 16 d'acqua). Questo apparecchio si sospenda allora entro un più largo recipiente (fig. 60) che contenga una soluzione satura di solfato d'ossido di rame, alla quale si aggiungono alcuni cristalli del medesimo sale. Bisogna inoltre avvertire di coprire di cera quelle parti della moneta delle quali non vogliasi la riproduzione.

La vescica impedisce la mescolanza dei due liquidi, ma permette il passaggio della corrente galvanica, che pel contatto dei due metalli e per l'azione dell'acido solforico si viene a destare. Bentosto la moneta o l'oggetto qualsiasi collocato al suo posto, che rappresenta il polo negativo dell'apparato, si va coprendo di un leggero strato di rame metallico, che si addensa sempre più e in alcuni giorni diventa della grossezza d'un foglio di carta, e può esser levato sotto forma di una crosta che fedelmente riceve l'impronta del rilievo della moneta. In proporzione corrispondente si scioglie lo zinco nel cilindro, e a misura che il sale di rame vien decomposto, esso viene rifornito alla soluzione dai cristalli aggiuntivi, per guisa che la medesima rimane sempre satura.

L'apparecchio che abbiamo descritto è il più semplice, e a dir così l'elementare; ma nelle grandi operazioni di galvanoplastica

e galvanotipia s'impiegano le correnti più energiche che si svolgono da una pila di Bunsen, e i recipienti e i congegni sono più artificiosamente modificati di quel che qui abbiamo indicato. L'oggetto su cui va a depositarsi il precipitato metallico deve essere un conduttore d'elettricità, ma si possono usare anche stampi e matrici formati di sostanze non conduttrici, come di cera, di guttaperca, di stearina, di gesso ecc., purchè le loro superficie siano rese conduttrici col mezzo d'uno strato di fina polvere metallica (bronzo) o di grafite.

La galvanoplastica ha una applicazione molto estesa per fornire copie ed imitazioni d'opere d'arte, fra cui sono osservabili certe statuette e gruppi scultorii; si adopera inoltre per dar una superficie di rame ai caratteri da stampa e renderli più durevoli, il che giova sovratutto nella stereotipia; e serve finalmente a riprodurre le incisioni sul rame, sull'acciaio, sul legno, a scolpire in rilievo sul rame e simili cose.

121. — Per le *dorature galvaniche*, quando abbiasi un oggetto di qualsiasi metallo, più sovente di rame, ottone, bronzo o d'argento, dopo che sia stato diligentemente ripulito in una soluzione d'una parte di cloruro d'oro e 10 di cianuro potassico con 100 parti d'acqua, lo si pone in comunicazione col polo negativo d'una pila di Bunsen. Dal polo positivo di questa egualmente parte un filo che s'immerge nel liquido e finisce in un pezzo di lamina d'oro. I fili conduttori devono, pel tratto che pescano nel liquido essere d'oro, o dorati fortemente. Quanto è il peso dell'oro che si precipita dal cloruro, altrettanta è la quantità dell'oro della laminetta che viene ridisciolta, per la qual cosa la soluzione si mantiene satura sempre. La prima idea di servirsi della corrente elettrica per indorare l'argento è dovuta a Brugnatelli sin dal 1807.

L'*argentatura galvanica* si effettua nel modo stesso, cioè valendosi d'una soluzione di 1 parte di cianuro d'argento, 10 di cianuro potassico e 100 d'acqua come bagno, di fili conduttori, e d'una laminetta d'argento. Gli oggetti inargentati tolgonsi dal bagno d'un bianco smorto ed appannato (*mat*), e vuolsi levigarli di poi col brunitoio. L'argentatura galvanica acquistò in questi ultimi tempi una vera popolarità, giacchè molti arnesi di uso domestico, come vasi, candelabri, posate, vassoi inargentati con tal mezzo sonosi generalmente sostituiti non solo a quei d'argento puro, riservati ai facoltosi, ma anche a quei di ferro, d'ottone ed altre leghe men pregiate e men belle. I processi adoperati per la

doratura ed argentatura, sebbene sostanzialmente fondati sovra uno stesso principio, e sull'uso degli stessi materiali, variano secondo le officine. Il più seguìto è quello di Elkington e di Ruolz.

Valendosi delle medesime condizioni della corrente galvanica si possono rivestire d'uno strato di ferro le piastre di rame per gl'incisori (così dette acciaiate) purchè si adoperi un bagno di 2 parti di solfato d'ossidulo di ferro, 1 di sale ammoniaco ed 8 d'acqua. Le lastre anzidette acquistano per tal guisa la durata di quelle d'acciaio.

Azione chimica della luce.

125. — Il sole non è soltanto la grande lucerna del nostro sistema planetario, ma il principio luminoso che da lui emana è anch'egli per le sue azioni chimiche d'una grande influenza. Una serie di operazioni chimiche importantissime non può compiersi ove manchi il concorso della luce solare. Il modo poi di codesta azione è svariatissimo. In certi casi essa accelera semplicemente la combinazione delle sostanze. Un miscuglio di cloro e di idrogeno si combina sul momento se è colpito direttamente dalla luce solare (§ 46). In altri casi essa determina soltanto una decomposizione: l'acido nitrico si separa sotto la sua influenza in ossigenó ed in acido nitroso: il nitrato d'ossido d'argento si decompone in argento amorfo, e quindi in metallo nero, mentre i componenti dell'acido si volatilizzano in forma di gas. Nel più gran numero dei casi sotto l'azione della luce hanno origine ad un tempo decomposizioni e combinazioni. Il cloro coll'acqua dà origine ad acido cloridrico ed ossigeno $Cl + HO = ClH + O$.

In proporzioni più grandi codesta azione si rivela nei fenomeni della natura organica. Le foglie de' vegetabili sviluppano ossigeno soltanto quando siano esposte alla luce § 26; il color verde onde sono dotate si forma soltanto durante la presenza di essa, ed anzi la esistenza delle sostanze organiche coloranti ne dipende per tal modo che le piante e gli animali delle regioni tropicali molto ricche di luce, spiegano molto maggiore magnificenza di colori, di quelli d'altre regioni. Ma la luce medesima in altre circostanze si mostra nociva ai colori: li distrugge, li impallidisce notoriamente a tal punto, che noi quasi non conosciamo che ben pochi

capaci di resistere perfettamente alla sua influenza. In molti di questi casi il processo chimico che essa determina è sconosciuto, e dedotto soltanto per via indiretta.

Le diverse specie di luce non sono della stessa efficacia nella loro chimica azione: la più forte è quella del raggio violetto; la più debole del rosso e del giallo: la luce d'una candela la possiede in grado minimo. Si usa perciò di intraprendere certi esperimenti relativi in camere che sieno illuminate da candele, o se lo sono dal sole che abbiano i vetri delle finestre coloriti in giallo.

L'azione della luce solare si presenta ancor più maravigliosa quando si espone ad essa il cloruro d'argento AgCl; perchè con grande rapidità lo vediamo cambiare il suo colore bianco in violetto ed in nero, intantochè un piccola parte di esso si divide in cloro ed in argento sottilmente diviso. Lo stesso accade col joduro di questo metallo AgJ.

Finalmente certe resine hanno la proprietà per l'influenza della luce solare di diventare insolubili nell'alcool, come del pari le gomme e la colla perdono la loro solubilità nell'acqua, qualora le soluzioni loro miste con doppio clorato di potassa dopo il disseccamento si espongano alla luce.

Indarno tenteremmo spiegare come le sottili oscillazioni dell'etere tenuissimo che colpiscono il nostro occhio sotto forma di luce, siano in grado di mettere in movimento le parti materiali d'un corpo dalle quali sono costituite le chimiche combinazioni. Questa azione ci appare ancora più meravigliosa, in quanto si esercita in alcuni casi colla celerità del lampo. L'uomo fatto conscio di ciò, riducendo al suo servigio tutte le forze della natura, si è insignorito anche del raggio del sole, onde col suo mezzo fissare gli oggetti della camera oscura (Fisica, § 173) e produrre le *immagini luminose*. Già prima di Davy, il francese Charles si era servito del cloruro d'argento per produrre, mercè l'influenza della luce, alcune immagini di profilo, e Davy al principio di questo secolo avea cercato di applicare un tal fatto ad altri usi, ma Niepce fu veramente il primo (1813) che riuscisse a risolvere il problema di render permanente l'impronta di un oggetto nella camera oscura. Daguerre suo compagno nelle assidue ricerche giunse, nel 1839, a perfezionare il trovato, ed ebbe la gloria di creare un nuovo ramo di chimica, oltre la ricompensa nazionale di un vitalizio di annue L. 6000.

126. — **I daguerrotipi**, apparecchi così denominati dal loro inventore, si preparano nel modo seguente. Una lamina di ar-

gento accuratamente forbita viene assoggettata alle esalazioni del jodio quanto tempo occorre perchè si copra d'uno strato giallo di joduro d'argento, dopo di che è posta in una camera oscura in modo che vi cada sopra l'immagine d'un oggetto. Questa immagine prodotta dai raggi luminosi riflessi da una lente convessa opera come decomponente sul joduro d'argento, in guisa che le parti più chiare di esso lo sono di più, le oscure in proporzioni minori. In pochi secondi questa decomposizione è completa. Si espone allora la lamina alle esalazioni del mercurio, per le quali l'immagine viene messa in evidenza. Da ultimo immersa la lamina in una soluzione di iposolfito di soda $NaO.S_2O_2$, che cancella e porta via tutte le altri parti del joduro d'argento, che non furono alterate dalla luce, rimane l'immagine immutabile ad ogni ulteriore azione della luce.

Nei siti nei quali questa operò, l'joduro d'argento AgJ è cambiato in sottoioduro Ag_2J, dal quale i vapori del mercurio separarono l'argento metallico, e probabilmente ne fecero un'amalgama. Col microscopio si vede chiaramente che le parti oscure ed ombreggiate del dagherrotipo sono costituite da un fondo d'argento bianco, mentre i punti toccati dalla luce appaiono come spolverati di granellini finissimi metallici. L'immagine può infatti essere col più piccolo attrito cancellata, e deve perciò venire leggermente dorata e tenuta coperta da un vetro. Un difetto capitale dei ritratti, ed altre immagini ottenute col dagherrotipo è quello di essere soggetti ad un riflesso inuguale della luce, e ad uno splendore della superficie metallica, per cui sono stati del tutto abbandonati.

127. Fotografia. — Essa è un perfezionamento della dagherrotipia, dovuto specialmente all'inglese Talbot. L'operazione si eseguisce su lastre metalliche, sulla carta, sul vetro con qualche variante nei procedimenti dei diversi laboratorii, ma in generale nel modo che segue. Una lastra di vetro liscia e ripulita colla massima diligenza si spalma di *collodio*, che contenga su 200 parti circa 2, 3 di joduro d'ammonio, o 0, 6 di joduro di potassio: si forma così sovr'essa una pellicola sottile e trasparente, e prima che questa sia asciutta, si mette la lastra medesima in una soluzione di nitrato d'ossido d'argento, il cui effetto sarà la decomposizione del sale e la formazione d'uno strato di joduro d'argento, riconoscibile pel colore giallognolo trasparente. La lastra così preparata si introduce nella camera oscura e la si espone ad una luce corrispondente, circa da 1 a 20 secondi. Anche qui non

si forma tosto l'immagine, ma bisogna farla saltar fuori con un altro apparecchio; il quale consiste in un liquido composto di soluzione d'acido gallico in acqua avvalorato con alcool ed aceto, entro cui si immerge la lastra. Allora si vede emergere l'immagine, sotto forma di un disegno nero; con questo mezzo si trova separato l'jodio, che agisce decomponendo l'acqua coll'appropriarsi il suo ossigeno per formare un idroioduro, intanto che l'ossigeno dell'acqua ossida l'acido gallico in una sostanza nera e carbonica. Come liquido eccitatore può servire anche il solfato d'ossidulo di ferro $FeO.SO_3$ che nelle stesse circostanze si converte in solfato basico. L'immagine allora viene fissata col porre la lastra in un bagno di iposolfito di soda, che toglie il joduro d'argento dai luoghi rimasti immutati dalla luce.

Ma l'immagine così ottenuta non gioverebbe allo scopo, essendo *negativa*, che vuol dire di tale natura che i chiari forti appaiono neri ed opachi, mentre gli scuri son bianchi. Per ottenere una immagine *positiva*, nella quale s'invertano i chiari e gli scuri, e si abbiano i tratti rappresentati secondo natura, si applica la carta fotografica, la quale è preparata con unos trato di joduro d'argento, che le rimane dopo essere stata immersa in una soluzione di joduro potassico, e poscia in una d'argento. Questa carta si copre coll'immagine negativa esponendola all'azione della luce solare, e rimane così impressionata positivamente. Per ultima operazione si fissa l'immagine sulla carta mediante un bagno d'iposolfito di soda. La preparazione delle fotografie si è adesso semplificata di molto non tanto pel progressivo perfezionamento degli stromenti ottici, e dei relativi apparecchi, quanto per le meglio studiate proporzioni degli occorrenti preparati chimici, che furono eziandio più accuratamente fabbricati e quindi si hanno oggidì in commercio assai più puri e copiosi che un tempo.

L'arte ha trovato la maniera di render talmente pronta l'azione della luce che gli abili fotografi riescono a ricever le immagini in meno d'un secondo, arrivando a coglier e fissar quelle dei corpi nei quali l'immobilità assoluta sarebbe impossibile, come le piante agitate dal vento, le onde del mare, gli uomini e gli animali che si muovono. La fedeltà ed esattezza di tali immagini rende i più grandi servigi non soltanto all'amicizia che può procacciarsi i ritratti de'suoi cari, ma al naturalista, all'archeologo, all'artista, all'astronomo. Se i tentativi di Becquerel per ottenere che la luce lasci anche l'impronta dei colori proprii degli oggetti, venissero coronati, nulla più mancherebbe a codesta miracolosa invenzione.

II.

CHIMICA ORGANICA

128. — La considerazione delle materie inorganiche e delle loro combinazioni, della quale si occupò il precedente trattato, ci ha chiarito com'esse o si trovino in qualità di minerali, esistenti in natura o tutte possano ottenersi da questi. Invece le *combinazioni organiche* sono quelle che si trovano belle e formate nelle piante e nei corpi animali, o che vengono separate da essi.

Una siffatta divisione della chimica in due parti non può tuttavia dirsi precisa ed assoluta: molte combinazioni si danno, le quali (come l'ammoniaca, l'acido carbonico, il ciano, e somiglianti) appartengono tanto all'una classe quanto all'altra, e formano il mezzo di transizione dall'una all'altra. Ciò nondimeno il particolare carattere delle combinazioni organiche conservasi sempre, e sotto questo riguardo la proposta divisione può essere giustificata bastevolmente.

La storia del carbonio esposta al § 54, ci ha insegnato che la massa precipua del corpo degli animali e delle piante risulta di carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto; che conseguentemente essa è combustibile, nè lascia addietro altro residuo che una piccola quantità di cenere. Abbiamo inoltre veduto che questa cenere è costituita principalmente da potassa, da soda o da calce, materie che sono del dominio della chimica inorganica.

Quindi non resta in quello della chimica organica che quella parte che è suscettiva di combustione nei corpi organizzati, essendo perciò carattere primario di ogni organica combinazione l'attitudine dei corpi che la costituiscono ad una completa combustione.

129. — Tutte le combinazioni organiche contengono carbonio, e lo lasciano agevolmente scoprire col divenir nere allorchè abbruciano, o colla fuliggine che separano quando ardono con un imperfetto concorso dell'aria. In alcune si associa al carbonio un altro elemento, sia l'ossigeno, sia l'idrogeno, sia l'azoto; generalmente sono tre gli elementi che prestansi alle combinazioni

cioè l'ossigeno, l'idrogeno e il carbonio; ovvero più di rado è l'azoto e l'idrogeno, o l'azoto, e l'ossigeno. Incontriamo finalmente una terza serie di combinazioni quadernarie, composte di tutti e quattro gli accennati elementi.

È degno d'osservazione il fatto che non si conosce nessun composto organico che abbia meno di due equivalenti di carbonio, od un numero dispari di codesti equivalenti carbonici.

130. — Se nella chimica inorganica abbiamo notato una grande moltiplicità di composti, quali sono acidi, basi, sali di svariatissima natura, ciò non potea gran fatto maravigliarci pensando alla varietà considerevole d'elementi che vi concorsero, e che diedero speciale carattere ad ogni singolo composto. E ci riescì facile da comprendere parimenti come i composti, a cagion d'esempio, dello zolfo e del fosforo, e quelli del ferro e del rame, diversifichino tanto nei loro caratteri, appunto perchè gli elementi componenti sono così manifestamente diversi.

Nella chimica organica si presenta allo stesso modo una non piccola quantità di combinazioni fornite di caratteri i più svariati; quivi pure troviamo un gran numero di acidi, di basi, di corpi neutri, di veleni, di materie nutritive, di materie odorose e coloranti dotate delle proprietà più sorprendenti e più opposte.

E tuttavia tanta varietà non risulta che al più da quattro delle sopraccennate sostanze semplici; le quali rispetto al loro elementare associamento presentano di più una maravigliosa uniformità. La diversità de' caratteri chimici delle organiche combinazioni non è adunque subordinata alla qualità de' loro componenti, sì bene alla proporzione quantitativa degli equivalenti che si trovano uniti. Deve adunque anzitutto formar oggetto d'indagine pel chimico un metodo che valga a determinare con tutta la precisione le quantità relative dei componenti medesimi.

131. Analisi organica. — La maggior copia delle composizioni organiche è costituita da carbonio, idrogeno ed ossigeno. Ricordiamoci che ciascun corpo organico è combustibile, e che in una completa combustione si generano due sole combinazioni volatili ossigenate, cioè l'acido carbonico e l'acqua. Per la qual cosa si ebbe cura anzitutto di far: 1º che vi abbia ossigeno a sufficienza per abbruciare completamente un dato corpo; e 2º che i prodotti della combustione possano essere con tutta accuratezza raccolti.

Ciò si effettua nel seguente modo. Del composto organico da sottoporsi all'analisi (supponiamo, p. e., zucchero purissimo), si

prendano in esatto peso parti 100, e si mescolino intimamente con molto ossido di rame CuO: il miscuglio si collochi in un tubo di vetro difficilmente fusibile, detto *tubo di combustione* (fig. 61), dall'esterno riscaldato ad arroventamento, ed ivi si abbruci. L'ossido di rame somministra in questo caso l'ossigeno necessario alla

Fig. 61.

combustione, il quale si combina col carbonio dello zucchero per formare acido carbonico, e coll'idrogeno per formar acqua, nel mentre che una corrispondente quantità di rame passa allo stato metallico. I due nuovi prodotti della combustione essendo volatili, e quindi dal calore spinti fuori dal tubo, passano a traverso il *cloruro di calcio* (fig. 62), contenuto in altro tubo che prende il nome di *disseccante*, giacchè ivi quel cloruro serve appunto ad

Fig. 62.

assorbir l'acqua, mentre l'acidò carbonico procede avanti e raggiunge l'ingegnoso *apparato potassico* ideato da Liebig. Questo consiste (fig. 63) in una canna di vetro, ripiegata a triangolo, e rigonfiata nei diversi punti indicati dalle lettere *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *m* in piccoli globi contenenti in parte una soluzione di potassa. Il tubo di combustione, come mostra l'apparecchio rappresentato nella fig. 64, essendo collocato sopra un fornello di lastra di ferro, vi si addatta col mezzo d'un turacciolo ben secco l'apparecchio destinato ad assorbir l'acqua; il turacciolo *a* è avviluppato di cera-lacca per guarentirlo dall'umidità atmosferica che potrebbe aumentarne il peso. L'acido carbonico che si genera nella combustiono dee passar nella soluzione di potassa caustica contenuta nel globetto *B*. Quando ogni cosa è pronta, si copre a tal uopo con carboni incandescenti la parte anteriore *af* del tubo di combustione il quale non contiene altro

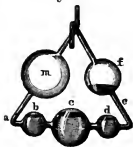
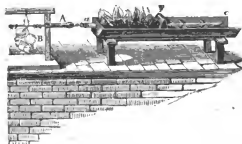
Fig. 63.

che ossido di rame puro, e acciò il calore non si comunichi fino alle parti del tubo in cui trovasi la materia organica mista all'ossido, s'interpone un parafuoco addoppiato. Dopo che la parte anteriore del tubo è arroventata, si avanzano progressivamente i carboni verso la parte che contiene la materia organica, regolando il fuoco in modo che lo svolgimento del gas non sia troppo

Fig. 64.

rapido e che si possano contare le bolle che attraversano la soluzione dentro ai globetti. Si continua così finchè la combustione sia terminata, e si arresti lo sviluppo del gas. Si tolgono allora i carboni, si rompe la punta sottile del tubo di combustione; si aspira un poco nell'apparato alcalino, e l'aria entra per la rotta estremità, spingendo il vapore acqueo nonchè l'acido carbonico che si trova tuttora nel tubo di combustione, entro quello d'assorbimento.

Siccome il tubo del cloruro calcico, come pure l'apparecchio alcalino erano già stati prima dell'operazione esattamente pesati, pesandoli ora di nuovo si rileverà dall'aumento del peso loro le quantità che si produssero d'acido carbonico e d'acqua dalla combustione dello zucchero. Essendo noto quanto carbonico e idrogeno siano contenuti in una data quantità d'acido carbonico e d'acqua, si può allora facilmente calcolare il di più di cotesti due elementi che era contenuto in 100 parti in peso di zucchero non che quello dell'ossigeno rimanente. Di questa guisa si conobbe che lo zucchero ha la seguente composizione centesimale:

42,1	Carbonio
6,4	Idrogeno
51,5	Ossigeno
100	

132. Determinazione dell'azoto. — La presenza dell'azoto in una combinazione organica si conosce dall'odore particolare che spande nell'atto della combustione, odore che ci sarà dato sentire tutte le volte che s'abbruciano penne o capelli. I gas che in tal caso vengon prodotti contengono *ammoniaca* NH_3 (§ 84) e perciò restituiscono alla carta di tornasole arrossata dagli acidi il colore ceruleo; se si riscalda fortemente una combinazione organica azotata con un alcali caustico, come sono la potassa, la soda o la calce, tutto l'azoto contenuto si combina coll'idrogeno e

Fig. 65.

forma ammoniaca che svapora. In ciò si fonda il processo analitico di questa sostanza. Si pesa esattamente la materia che vuolsi analizzare, e si mescola ad essa una quantità di soda caustica e di calce. Poste queste sostanze in un tubo da combustione (fig. 65), si assogettano a fuoco d'arroventamento: l'ammoniaca che si sprigiona viene intieramente assorbita dall'acido cloridrico che si trova entro un piccolo apparato globulare. Terminata l'operazione, in quel liquido si conterrà tutto l'azoto presente, in forma di sal ammoniaco NH_3, ClH; che si decompone con una soluzione di percloruro di platino, donde si ha un precipitato di cloruro di platino ammoniacale insolubile ($PtCl_2 + NH_4Cl$): pesato questo si calcola poi l'azoto che eravi contenuto.

È da notare che alcune sostanze organiche, oltre gli anzidetti elementi, racchiudono eziandio una certa quantità di zolfo e fosforo. È anche riuscito per vie artificiali d'introdurre nelle combinazioni organiche certi altri elementi, quali sono il cloro, il bromo e l'jodio, e fra i metalli lo stagno, lo zinco e l'antimonio.

133. — Le analisi dei corpi organici fornirono il mezzo di stabilire la formola della loro chimica composizione. Anche in questa l'equivalente d'una combinazione è uguale alla somma degli equivalenti delle singole sostanze che la compongono. Esporremo le formole di alcune organiche ed inorganiche combinazioni in un prospetto comparativo:

Combinazioni inorganiche			*Combinazioni organiche*		
Nome	**Formole**	**Equiv.**	**Nome**	**Formole**	**Equiv.**
Acqua	HO	9	Alcool	$C_4 H_6 O_2$.	46
Cinabro	HgS . . .	116	Zucchero . . .	$C_{12} H_{11} O_{11}$	171
Sal di cucina	$NaCl$ . . .	58,5	Amido	$C_{12} H_{10} O_{10}$	162
Acido Solforico	$SO_3 . HO$.	49	Acido acetico.	$C_4 H_4 O_4$.	60
» nitrico .	$NO_3 . HO$	60	» citrico .	$C_{12} H_8 O_{14}$.	182
Potassa idrata	$KO . HO$.	56	Chinina	$C_{40} H_{24} N_2 O_4$	324
Allume	$KO . SO_3 +$ $Al_2O_3 . 3SO_3$	257	Stearina	$C_{114} H_{110} O_{12}$	890

Confrontando le due serie si nota una vistosa differenza donde emerge un carattere fondamentale delle combinazioni organiche. Le formole di queste ultime contengono generalmente un gran numero di equivalenti de' loro elementi, i quali sommati insieme danno un grande equivalente in peso della combinazione. Il confronto dimostra altresì che le inorganiche sono di composizione molto più semplice.

Si potrebbe anzi proporre il quesito: perchè non si semplifichino le formole delle sostanze organiche facendo, p. e.. l'acido *acetico* = CHO, invece di $C_4H_4O_4$, la *chinina* = $C_{20}H_{12} NO_2$ invece di $C_{40}H_{24}N_2O_4$ come è notato nella tabella? Ma giova avvertire che nello stabilire queste formole furono i chimici indotti da importanti ragioni, a comprender meglio le quali, servirà un esempio. Quando si unisce l'acido acetico al carbonato di soda NaO, CO_2 questo rimane decomposto; l'acido carbonico si volatilizza, ed in suo luogo entra l'acido acetico per formare un acetato di soda; l'analisi di questo sale mostra però che nel luogo di un equivalente di acido carbonico CO_2 = 22 parti in peso, non entrarono già 15 parti di acetico, corrispondenti alla formola CHO = 15, ma bensì 51 corrispondenti alla formola $C_4H_3O_3$ che è la composizione dell'acido acetico anidro: si aggiunga a ciò 1 equivalente d'acqua HO = 9 e si avrà 1 equiv. d'acido acetico idrato $C_4H_4O_4$ = 60. — La chinina è una energica base; 324 parti in peso di essa formano con 1 equivalente d'acido solforico un sale neutro; l'equivalente della chinina viene perciò espresso dalla formola $C_{40}H_{24}N_2O_4$, che non può essere maggiormente semplificata. Lo stesso si dica per le formole sovra citate dell'alcoole, dello zucchero.

134. Corpi isomeri. — Dovette esser cagione di gran meraviglia il fatto che dalle analisi organiche venne comprovato, cioè che molte combinazioni organiche aventi proporzioni centesimali identiche di composizione, fossero poi ragguardevolmente dissonanti nelle loro chimiche e fisiche proprietà. Queste sostanze che si sono denominate *combinazioni isomere*, e la cui composizione può essere espressa dalla medesima formola sono, per citarne alcune:

Olio di trementina . . .	$= C_{20}H_{16}$	Zucchero anidro	$= C_6H_5O_5$
Olio di cedro	$= C_{20}H_{16}$	Amido	$= C_6H_5O_5$
Etere formico	$= C_6H_6O_1$	Fibre di legno	$= C_6H_5O_5$
Etere d'aceto idromelico	$= C_6H_6O_4$		

Venne già dianzi accennato ad una diversità presentata da alcuni dei corpi semplici in certi loro stati particolari; ci rammenteremo del carbonio, dello zolfo, del fosforo in istato amorfo, dell'acciaio duro e molle. Una spiegazione di caratteri così evidentemente disformi nella identica materia può aversi soltanto nel concetto che le molecole si trovino in quei diversi loro stati differentemente disposte e collocate. Le molecole del carbonio regolarmente coordinate in cristalli compongono il diamante; senza regola agglomerate danno luogo alla fuliggine. Devesi adunque eziandio per le sostanze isomere trovar la ragione della loro varietà in una specifica disposizione delle molecole de' loro elementi.

135. Atomi. — Molecole. — Equivalenti. — Nella parte Fisica al § 11 abbiamo detto che ogni corpo è costituito di particelle od *atomi* che non sono suscettivi di ulteriore divisione; e questo principio trova sostegno in molti fatti della chimica; i quali condussero ad un determinato modo di rappresentarci la materia, espresso col titolo di *teoria atomistica*. Di questa dottrina daremo le idee fondamentali.

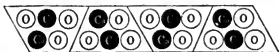
1° Ogni corpo è costituito da piccole e minute particelle che si denominarono *atomi*, i quali non è possibile dividere in veruna guisa, nè possono distinguersi fra loro neppure coi più acuti microscopi. Gli atomi di tutti i corpi hanno probabilmente figura sferica. I corpi sono solidi, fluidi od aeriformi secondo l'influenza del calorico sulla loro vicendevole affinità di coesione (Fisica § 22).

2° Le sostanze semplici non contengono che atomi d'una sola specie. Dietro questo concetto possiamo fingercele rappresentate dalle figure seguenti:

Carbonio	Ossigeno	Calcio
CCC	OOO	**CaCaCa**

3° Gli atomi dei diversi elementi sono diversamente pesanti, hanno anzi un peso corrispondente agli equivalenti da noi conosciuti degli elementi. Un atomo d'idrogeno ha quindi il peso minimo = 1; un atomo di ossigeno pesa 8 e così di seguito. Per le sostanze semplici peso atomistico ed equivalente hanno l'identica significazione.

4° Le combinazioni chimiche, ed i corpi composti derivano dalla reciproca attrazione, e dal raggruppamento degli atomi di diversi elementi come si può raffigurarselo nello schema seguente:

Un gruppo di atomi chimicamente uniti fra loro si chiama *molecola*. Questa è perciò la più piccola particella d'un corpo composto, e decomponibile in atomi isolati. Un pezzo di creta o di marmo consiste immediatamente di sole molecole di carbonato di calce CaO, CO_2 e sarebbe raffigurata dal seguente schema.

136. — Ammettendo la teoria atomistica abbiamo una spiegazione plausibile dei fatti esposti, e delle loro leggi, come l'abbiamo in quella dei chimici equivalenti. Nel cinabro troviamo 100 parti in peso di mercurio combinate con 16 di zolfo; se questa proporzione si mantenesse in ogni grande massa di cinabro, dovrebbe ogni particella, anzi ogni più fino polviscolo di cinabro essere identicamente composto. Addottata la teoria atomistica ciò non potrebbe essere diversamente, perciocchè ogni più piccola particella immaginabile di questa sostanza è una molecola = HgS, composta di 1 atomo di mercurio che pesa 100, ed uno di zolfo che pesa 16. Nelle formole chimiche i numeri esprimono oggidì non le sole relative quantità in peso in cui gli elementi si combi-

nano, ma sì anche il numero degli atomi costituenti la molecola d'un corpo composto. La formola del carbonato di calce CaO, CO_2 ci dice, che una molecola di questo contiene 5 atomi, di cui tre sono d'ossigeno, uno di calcio uno di carbonio; inoltre ci dice in qual modo questi cinque atomi, prima di calce CaO, e di acido carbonico CO_2 si devono poi immaginare raggruppati per costituire un gruppo di secondo ordine.

Seguendo questo principio, equivalente ed atomo, numero equivalente e peso atomistico hanno la identica significazione.

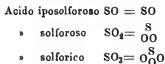
Ciò che conduce principalmente a dar valore alla teoria atomistica si è la legge delle *proporzioni multiple* (§ 17). Zolfo ed ossigeno si combinano nelle proporzioni seguenti:

1. Acido iposolforoso = *zolfo* 16 + 8 *ossigeno*
2. » solforoso . . = » 16 + 16 »
3. » solforico . . = » 16 + 24 »

Quando in corrispondenza di esse atomi zolfo=S si combinano con atomi di ossigeno =O, si generano:

Acido iposolforoso $SO = SO$

» solforoso $SO_2 = \overset{S}{OO}$

» solforico $SO_3 = O\overset{S}{\underset{O}{}}O$

Si comprende ora perchè ad ogni più elevato grado d'ossigenazione dello zolfo, la quantità in peso dell'ossigeno faccia un salto di 8; ciò dipendendo dall'entrare un altro atomo di ossigeno in aggiunta del grado inferiore.

Siccome gli atomi sono d'una grandezza indivisibile, così lo zolfo e l'ossigeno non possono combinarsi in ogni proporzione a capriccio, p. e., zolfo con 9, 10, 11, ecc. d'ossigeno, ma soltanto in quella che corrisponde al peso degli atomi di ciascun elemento.

Osserviamo ora i fatti della *isomeria* (§ 134) sotto il riguardo della teoria atomistica. Zucchero, amido e fibre legnose sono per certo sostanze disparatissime, eppure ciascheduna contiene le stesse quantità in peso di carbonio, idrogeno ed ossigeno, corrispondenti alla formola $C_6H_5O_5$. D'onde deriva adunque la differenza? Non abbiamo altra spiegazione fuorchè nella disposizione differente degli atomi elementari che stanno nelle loro molecole come potrebbe darne esempio la seguente figura:

Molecola di zucchero	Molecola di amido	Molecola di fibra legnosa
HHHC	HH	C
HCCO	HHHH	HCO
HCCO	CCC	HCO
COOO	CCC	HCO
	OOO	HCO
	OO	HCO
		C

E qui bisogna non dimenticare che codesti disegni non rappresentano che un'immagine destinata a spiegare il soggetto, perchè non ci è dato veramente distinguere gli atomi nè in se stessi nè nel loro coordinamento reciproco.

Finalmente dalla teoria atomistica ci è lecito dedurre e spiegare anche l'*isomorfismo*, che abbiamo accennato parlando dell'allume, § 95. Quivi si è detto che la forma cristallina d'una serie di combinazioni rimane sempre uguale, intanto che si cambia la loro composizione, come avviene p. e. quando l'allumina dell'allume è decomposta dall'ossido di cromo, o da quello di ferro, o quando entrano la soda o l'ammoniaca al luogo della potassa. Figuriamoci perciò che ogni cristallo risulti composto di 4 atomi (fig. 66), di cui ne leviamo uno, e lo sostituiamo con un altro d'eguale

Fig. 66. 67. 68. 69.

grandezza, appartenente ad altro elemento; non ci sarà ragione perchè si produca divario essenziale nella forma del cristallo stesso, (fig. 67). Ma se l'atomo fosse realmente più grande (fig. 68) o più piccolo (fig. 69) si comprende di leggieri che ne verrebbe mutamento essenziale nella figura del cristallo medesimo.

Si è tentato di stabilire la relativa grandezza degli atomi, il così detto *volume atomistico* o *volume specifico* dei corpi, dividendo il loro peso atomistico pel loro peso specifico. Ne risultò che i volumi specifici dei corpi gasiformi o sono eguali fra loro, o stanno in rapporti semplici fra loro. Nei solidi e nei liquidi questa uniformità riesce meno patente; sebbene in ciò si palesi per alcuni una certa coincidenza. Così, p. e., il ferro, il manganese ed il cromo, che oltre a tale particolarità hanno pure una certa

somiglianza comune, e formano combinazioni isomorfe, hanno lo stesso volume specifico. Lo stesso rapporto si notò fra lo zolfo e il selenio, fra l'oro e l'argento.

137. Teoria dei volumi. — Finora non abbiamo considerato che la sola *proporzione in peso*, con cui i corpi si uniscono; paragonando però il volume in cui si combinano i corpi aeriformi o quelli che assumono la forma di vapore, si scopre anche in ciò una misura normale, ogni qualvolta stan tra loro in rapporti molto semplici. Così, p. e., se si combina 1 volume di gas cloro con 1 d'idrogeno, si formano 2 volumi di cloridrico gasiforme; 2 volumi d'idrogeno formano con 1 di ossigeno 2 volumi di vapore acqueo; 3 volumi d'idrogeno uniti ad 1 di azoto formano 2 volumi d'ammoniaca. Come si vede il volume della combinazione che si è formata o resta uguale alla somma de' volumi di gas che sono venuti a contatto, od è accaduto un condensamento in un rapporto semplice tra essi. Il peso relativo di volumi uguali di corpi gasosi si è chiamato *peso specifico*. Così, p. e., avendo 1 volume di cloro che pesa grammi 2,458, mentre un volume eguale di gas idrogeno pesa solanto 0,0693, sarà tutt'uno ch'io congiunga i due gas in queste proporzioni di peso, ovvero in volumi eguali. Siccome però al § 13 abbiamo insegnato che *un* equivalente di cloro = 35,5 parti in peso si unisce con *un* equivalente d'idrogeno = 1 parte in peso, così i pesi specifici di questi elementi devono comportarsi fra loro come i loro equivalenti. Vediamo infatti che 2,458 : 0,0693 = 35,5 : 1. Se noi potessimo ridurre in gas tutti gli elementi, i pesi relativi d'eguali volumi rappresenterebbero ad un tempo i loro chimici equivalenti. Per quanto fu possibile l'osservazione però ha dimostrato, che questa concordanza fra i pesi specifici, e gli equivalenti chimici delle sostanze semplici non è perfetta, quindi la legge che se n'è desunta ha la seguente limitazione: volumi uguali di gas o di vapori diversi comprendono quantità in peso le quali o con precisione o con poca diversità sono proporzionali ai pesi degli equivalenti.

138. — **Il calore specifico ed i chimici equivalenti** delle sostanze semplici sono pure in mirabile relazione fra di loro. Secondo il § 156 della Fisica s'intende per calorico specifico dei corpi quella relativa quantità di esso che è necessaria a portar un corpo da 0° a 100° C.; ritenendo il grado necessario a quest'uopo per l'acqua = 1. Quanto più grande è il calorico specifico d'un corpo, tanto più piccolo è il suo chimico equivalente: talchè i numeri che esprimono il calorico specifico d'una sostanza semplice

stanno in ragione inversa con quelli che ne indicano gli equivalenti. Del che varranno a dare spiegazione alcuni esempi.

Idrogeno . . .	equivalente	= 1	calore	specifico	3,2
Zolfo	»	= 16	»	»	0,202
Ferro	»	= 27	»	»	0,113
Mercurio . . .	»	= 101	»	»	0,033

Stando a questa legge l'equivalente di un corpo moltiplicato pel suo calorico specifico, deve per tutti i corpi dare un prodotto uguale, cioè il numero 3,2. Infatti dato $1 \times 3{,}2 = 3{,}2$; $16 \times 0{,}202 = 3{,}2$; $27 \times 0{,}113 = 3{,}2$; $101 \times 0{,}033 = 3{,}2$ e così via discorrendo. Se l'equivalente d'un corpo, p. e. quello del piombo, fosse incognito; ed invece si conoscesse precisamente il suo calorico specifico $= 0{,}031$, il numero 3,2 diviso per 0,031 deve esprimere l'equivalente del piombo. E infatti $\frac{3.2}{0{,}031}$ dà 103, numero che corrisponde all'equivalente del piombo trovato col mezzo dell'analisi. Per lo che diverse vie ci conducono alla conferma della adottata teoria.

139. Decomponibilità delle combinazioni organiche. — Per la dottrina atomistica ci è aperto l'adito alla scoperta della interna struttura e composizione d'un corpo; si capisce cioè come un dato corpo sia costituito da infiniti atomi, che sono tutti d'una sola specie negli elementi, e di specie diversa nelle combinazioni chimiche. Nel seno di queste noi conosciamo i gruppi di atomi, che si compongono a molecole; e queste molecole le ordiniamo secondo le leggi della cristallizzazione.

Si paragonino pertanto le combinazioni inorganiche colle organiche e scopriremo fra le prime gruppi atomistici più piccoli che fra le seconde; vedremo cioè che la molecola d'un inorganico composto contiene in generale una minore quantità di singoli atomi, di quelli d'uno organico. Una molecola d'acido carbonico CO_2 ha tre atomi; una molecola di acido citrico $C_{12}H_8O_{14}$ ne contiene 34.

Posto ciò come cosa stabilita, si spiegano molte particolarità del modo con cui si comportano i composti organici in opposizione agli inorganici. Primamente riesce assai più facile di raggruppare una piccola quantità di atomi in una molecola, che non una quantità ragguardevole dei medesimi. In fatti le combinazioni inorganiche si lasciano riunire facilmente e direttamente dai loro elementi. Il carbonio si combina nella combustione tostamente coll'ossigeno in ossido di carbonio ed in acido carbonico.

Diversamente si comportano le organiche. Quantunque ci sia noto che, p. e., in 100 parti di zucchero ne sono contenute 42 di carbonio, 6 d'idrogeno, 51 d'ossigeno, pure non possiamo formare zucchero artificialmente, quantunque queste sostanze siano riunite nelle suddette proporzioni. Lo stesso avviene d'infinite altre combinazioni, come sarebbero l'acido acetico, il citrico, l'alcool, e così di seguito, le quali risultano di quegli identici tre elementi le cui proporzioni in peso ci sono perfettamente conosciute, ma che noi non sappiamo tant'e tanto ricomporre, e non sarebbe invero di piccolo vantaggio potere da materiali di basso prezzo come sono il carbone, l'idrogeno e l'ossigeno ricomporre direttamente una serie numerosa di sostanze organiche pregevolissime! Se ci domandiamo perchè ciò non riesca, dovremo riconoscerne per causa la speciale maniera dell'interno disponimento dei corpi organici. Per conseguirne uno uguale converrebbe che molti atomi di una molecola si raggruppassero sotto certe condizioni speciali, che si trovano bensì nell'organismo delle piante e degli animali, ma che noi col soccorso de'chimici apparati, e delle relative operazioni non siamo in grado di compiere.

Soltanto in questi ultimi tempi è riuscito a comporre, senza aggiunta di prodotti organici, alcune combinazioni (come, p. e. l'alcool $C_4H_6O_2$) coi loro stessi elementi. Il processo conducente a questo risultato è però complicato e penoso, e dimostra la difficoltà di ravvicinare tanti atomi in una chimica combinazione.

Una conseguenza di questa peculiare composizione delle composizioni organiche si è la loro facile decomposizione. Quando le molecole dell'acqua HO, dell'ossido di mercurio HgO, della creta CaO CO_2 ecc. soggiacciono ad un'influenza decomponente, si dividono gli elementi che prima erano congiunti, e il processo sembra semplice e appena degno d'esser avvertito. Ma dobbiamo pensare che quando una molecola di zucchero $C_6H_5O_5$ vien sottoposta ad una causa dissolvente, si formano dagli atomi de'suoi elementi molti nuovi gruppi di combinazioni.

E questo è il fatto che veramente accade. Basta una scossa leggiera per fare in modo che molti atomi accumulati in una molecola si dividano in gruppi minori. Un esempio notissimo di questo genere ce lo presenta l'*amido* $C_6H_5O_5$, tanto facile a mutarsi nel suo isomero che è lo zucchero. Esso sotto l'influenza della fermentazione si scompone in alcool ed in acido carbonico; l'alcool si converte in acido acetico ed in un gran numero d'ulteriori organiche combinazioni.

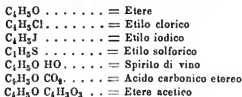
I mezzi decomponenti, che si adoperano per determinare nei composti organici una metamorfosi, sono le forti basi, gli acidi, le sostanze ossidanti, come l'acido nitrico, l'acido cromico, i perossidi e il cloro. Poi viene il calorico, sotto l'influenza del quale le sostanze organiche si tramutano in una lunga serie di prodotti di decomposizione. Nè meno propria ad un uguale risultamento si è la così detta *putrefazione spontanea*. Vediamo ogni giorno come i corpi organizzati per l'azione dell'ossigeno atmosferico che li circonda, e del loro stesso contenuto acqueo soffrano una mutazione chimica profonda ed intima, che procede sotto forma di fermentazione, putrefazione e corrompimento.

140. Sostituzione. — Se si fa agire il cloro sopra una combinazione organica, esso o si combina direttamente con essa, o sottrae da quella l'idrogeno, per appropriarselo e divenire acido cloridrico. In quest'ultimo caso, che è anche il più frequente, entra in luogo dell'idrogeno una quantità equivalente di cloro che prende il posto di quello. La cosa singolare si è, che le proprietà chimiche della combinazione organica nella quale questo cloro ha preso posto, non si cambiano essenzialmente per nulla. Così, p. e., l'*acido acetico* $C_4H_4O_4$ può per l'azione del cloro perdere tre atomi d'idrogeno, che sono sostituiti da esso formandosi un *aceto clorato* $C_4HCl_3O_4$ e mantenere una perfetta analogia col primo suo stato. Tale sottentrar del cloro all'idrogeno si chiama *sostituzione*, e questa si verifica pure con altri elementi specialmente col bromo e col jodio, e perfino con corpi composti.

141. Radicali composti. — Con questo nome si addomandano quelle chimiche combinazioni che si comportano come le sostanze semplici. Nella chimica organica una di queste è il *cianogene* C_2N, un'altra l'*ammoniaca* NH_3; delle quali la prima ha la proprietà de' salificatori (§ 69), la seconda quella dei metalli. L'analisi chimica di varie combinazioni organiche ha dimostrato, che degli atomi di cui risultan composte, alcuni si uniscono fra loro in una maniera particolare per formarsi in gruppo, che deve riguardarsi qual ceppo, qual *radicale* della relativa combinazione. Questo gruppo d'atomi riuniti per costituire il radicale si distingue per la persistenza del suo modo di agire in una intera serie di composti ai quali imprime un determinato carattere. In tutti questi si riscontra un radicale costante nel quale si trovano agglomerati più o meno numerosi atomi di questo o quell'elemento.

Lo studio del chimico fu principalmente rivolto all'alcool $C_4H_6O_2$ come quello che è uno dei composti organici più conosciuti

e più importanti. Sottoponendolo all'azione di diverse sostanze si derivò da esso una serie assai estesa di combinazioni. L'analisi dimostra che in tutte, come altresì nell'alcool medesimo, è contenuto un gruppo di atomi costituito da 4 atomi di carbonio e 5 d'idrogeno C_4H_5, come mostrano i seguenti esempi:

C_4H_5O	= Etere
C_4H_5Cl	= Etilo clorico
C_4H_5J	= Etilo iodico
C_4H_5S	= Etilo solforico
$C_4H_5O\ HO$	= Spirito di vino
$C_4H_5O\ CO_2$	= Acido carbonico etereo
$C_4H_5O\ C_4H_3O_3$ ..	= Etere acetico

Ora si sono ammessi i gruppi d'atomi $C_4\ H_5$ come radicali costanti di quelle combinazioni e si impose loro il nome di *etilo* assegnandovi il segno Ae. Lo spirito di vino e le combinazioni derivanti da esso, stante la maniera della loro composizione presentano una singolare concordanza colle combinazioni organiche, come verrà chiarito dagli esempi che andiamo ad esporre.

C_4H_5 = Ae = Etilo	K Potassio
AeO ..... = Etilo ossido	KO ..... = Potassa
AeCl ..... = Etilo clorico	KCl ..... = Cloruro di potassio
AeJ ..... = Etilo iodico	KJ ..... = Joduro di potassio
AeS ..... = Etilo solforico	KS ..... = Solfuro di potassio
AeO . HO .. = Etilo ossido idrato (alcool)	KO . HO .. = Ossido idrato di potassio
AeO . CO .. = Etilo ossido carbonico	KO . CO .. = Carbonato di potassa
AeO . C₄HgOs = Etilo ossido acetico ecc.	KO . $C_4H_3O_3$ = Acetato di potassa ecc.

Anche in altre combinazioni organiche si è dimostrata l'esistenza dei radicali organici, come nello *spirito pirolegnoso* il *metilo* C_2H_3, nell'olio dell'acquavite l'*amilo* $C_{10}H_{11}$; nell'acido benzoico che contiene ossigeno, il *benzoïlo* $C_{14}H_5O_2$; nell'aceto l'*acetilo* $C_4H_3O_2$ ed altri molti.

Si concepì da tuttociò l'idea che tutte le combinazioni organiche si riducano ad alcuni radicali composti, e che in generale secondo la composizione loro siano da considerarsi non altrimenti che le inorganiche. Ma non tutti i risultamenti delle ricerche diedero bastevole conferma a codesto concetto. Di molte combinazioni organiche non si sono trovati radicali, e si è dovuto cercare altre teorie per ispiegarne la composizione.

142. Serie omologhe. — Dal sempre crescente numero delle combinazioni organiche recentemente scoperte, a poco a poco vennero formandosi le così dette serie omologhe, atte specialmente a rappresentarci sotto particolari condizioni gruppi interi di corpi tanto in riguardo alle loro proprietà chimiche e fisiche, quanto per rispetto alla composizione loro; uno sguardo a tali serie ne mostrerà l'importanza.

Serie degli acidi		Serie degli alcool	
Acido formico	$C_2\ H_2\ O_4$	Alcool Metilico	$C_2\ H_4\ C_2$
» Acetico	$C_4\ H_4\ O_4$	» Etilico	$C_4\ H_6\ O_2$
» Propionico . . .	$C_6\ H_6\ O_4$	» Propilico . . .	$C_6\ H_8\ O_2$
» Butirrico	$C_8\ H_8\ O_4$	» Butirrico . . .	$C_8\ H_{10}O_2$
» Valerianico . . .	$C_{10}H_{10}O_4$	» Amilico.	$C_{10}H_{12}O_2$
. . . .		. . . .	
» Margarico . . .	$C_{34}H_{34}O_4$	Etale	$C_{32}H_{34}O_2$
» Stearico	$C_{36}H_{36}O_4$		

Ciascuno dei composti che succede ad un altro nella omologa serie è uguale al precedente+2CH; e quindi ci appariscono qui insieme associate combinazioni le quali possiedono con analoga composizione caratteri corrispondenti. E si ha inoltre così il vantaggio che la composizione loro si può esprimere con una formola comune. Così p. e. $C_n\ H_n\ O_4$ è la formula comune per la sovraccennata serie di acidi; e $C_n\ H_n$ +2OH quella degli alcool. Ciò non soltanto aiuta la memoria, ma è utile principalmente per diffinire in modo generale certe decomposizioni e certi modi di combinazione, che sono comuni ai membri d'una intera serie. Anche le lacune che si riscontran talora in una serie omologa dimostrano che conviene attendere la scoperta degli anelli che finora ci mancano. Per ultimo fra la posizione dei membri d'una serie, e il grado di temperatura in cui entrano in ebollizione, troviamo una corrispondenza regolare. Per ogni 2 atomi di carbonio e idrogeno C_2H_2 che una combinazione contiene in più d'un'altra della serie omologa, si nota che il grado d'ebollizione si eleva di 15° R., in confronto di quella che contiene i due atomi di meno.

Ecco un esempio:

Acido Formico	$= C_2\ H_2\ O_4$; . . bolle a	80°	R.
» Acetico	$= C_4\ H_4\ O_4$; 80+15 =	95°	»
» Propionico	$= C_6\ H_6\ O_4$;	110°	»
» Butirrico	$= C_8\ H_8\ O_4$; 110+16 =	125°	»

143. Teoria dei tipi. — Secondo una dottrina che ricevette il nome anzidetto, tutte le combinazloni chimiche sieno esse

inorganiche od organiche, si potrebbero ridurre a tre tipi ovvero a tre formole fondamentali, le quali servirebbero a dar ragione di tutte le decomposizioni e delle loro reciproche corrispondenze.

Queste sono le seguenti:

1° Tipo	2° Tipo
$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}$ corrispondente ad un doppio atomo o molecola d'idrogeno.	$\left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O_2$ Corrispondente a due molecole d'acqua.

3° Tipo

$\left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$ Corrispondente ad una molecola d'ammoniaca.

Quando gli elementi indicati in queste formole vengono sostituiti da altre sostanze semplici o da radicali composti, le altre combinazioni chimiche sono dai medesimi spostate, cosicchè sotto questo aspetto viene introdotta una affatto nuova maniera di formole. Il più particolareggiato sviluppo di codesta teorica appartiene alla più elevata chimica scientifica.

144. Divisione della chimica organica. — Si è tentato indarno finora di classificare gli oggetti della chimica organica secondo principii teorici; e a ciò non si riuscì nè colla teoria dei radicali, nè con quella delle serie omologhe, nè con quella dei tipi. Con tutte queste dottrine restò pur sempre un numero ragguardevole di sostanze, il cui carattere chimico non è ancor ben definito, o così poco pronunciato da non poterle in verun modo assegnare sistematicamente ad una data classe. Si è adunque per necessità avuto ricorso ad una divisione così detta naturale, che risultò di quattro scompartimenti:

1. Acidi organici
2. Alcooli, e loro prodotti
3. Basi organiche
4. Combinazioni indifferenti

E per maggior chiarezza si fece uso eziandio preferibilmente di quelle formole ed espressioni che corrispondono alla teoria dei radicali.

I.

Acidi organici.

145. — Parecchi acidi organici sono contenuti nelle diverse parti dei vegetabili, specialmente nelle frutta, a cui compartono quel gusto acidetto gradevole, che li rende ricercati nelle nostre mense. Alcuni altri sono invece o componenti o prodotti dalla decomposizione del grasso, delle resine e di non poche altre sostanze vegetabili ed animali. Sebbene molti sieno acidi energici e formino colle basi forti dei sali neutri, tutti nondimeno vengono spostati dalle loro combinazioni per mezzo dell'acido solforico. Essi sono o volatili o fissi e si preparano in generale col saturare il liquido che li contiene colla calce, poi disseccato il sale di calce che ne risulta, col versarvi sopra dell'acido solforico e finalmente col distillare e filtrare l'acido organico che si sprigiona.

Un altro modo di preparare gli acidi fissi, più adoperato del precedente, consiste nell'unire l'acido coll'ossido di piombo, e decomporre la soluzione del sale di piombo coll'idrogeno solforato. Così ottiensi un precipitato insolubile di solfuro nero di piombo, intantochè l'acido rimane sciolto nell'acqua e si depura mediante la filtrazione. Per gli acidi più comuni, invece della loro formola, si fa uso del relativo segno, il quale venne tratto dall'iniziale del loro nome originario a cui si sovrappone una linea trasversale.

1. Acido ossalico, $C_2\ O_3$.

Segno $= \overline{O}$.

146. — Il succo della acetosella e della acetosa contiene *ossalato di potassa* $KO+2O$, il quale si deposita in cristalli senza colore e si conosce volgarmente sotto la denominazione di *sal d'acetosella*. Tanto l'acido per sè, quanto il sale anzidetto formano cogli ossidi di ferro sali facilmente solubili, e quindi si adoperano generalmente per distruggere le macchie d'inchiostro, nonchè per uso di tintorie. Per lo più l'acido ossalico si compone artificialmente riscaldando dello zucchero o dell'amido coll'acido nitrico.

Per la natura de'suoi elementi e la semplicità della sua composizione potrebbe essere collocato anche fra le combinazioni inorganiche. Tanto l'acido che i suoi sali solubili sono venefici.

2. Acido formico, $C_2 HO_3$

Segno: $\overline{F}$

147. — Le formiche contengono un acido dotato di bastevole potenza caustica, che diventa per quel piccolo popolo una importante arma di difesa: si trova però anche nella ortica pungente e nelle foglie di pino. Non si può con qualche maggior precisione determinarne le proprietà, se non quando si sappia prepararlo artificialmente mediante la distillazione d'un miscuglio di zucchero, manganese ed acido solforico. In istato di concentrazione esso è un liquido scolorato, volatile, d'odore piccante, e caustico, cosicchè produce vesciche quasi immediatamente alle mani, simili alle bolle sollevate da una scottatura. Si adoperò qualche volta una soluzione di quest'acido nello spirito di vino sotto il nome di spirito di formiche come irritante la cute.

3. Acido acetico, $C_4 H_3 O_3 HO$.

Segno $\overline{A}$

148. — Nei succhi delle piante e in alcuni liquidi animali si trova l'acido acetico soltanto unito alle basi, e in generale piuttosto raramente: ma invece con facilità può ottenersi quando si esponga sotto certe condizioni alla influenza dell'aria lo spirito di vino, o altre sostanze così dette fermentabili contenenti alcool, ovvero se si sottopongono a distillazione a secco le sostanze vegetabili, massime il legno, operazioni queste che descriveremo più tardi.

L'acido acetico puro e più concentrato forma a 0° C. dei bei cristalli, che si ridisciolgono soltanto a 16° C. È volatile, di sapore e d'odore eccitante, di gradevole sapore, cosicchè allungato in molta acqua costituisce sotto il nome di aceto uno dei più usati condimenti delle nostre vivande. Dei sali acetici faremo notare i seguenti:

L'*acetato di ossido di piombo* $PbO.C_4H_3O_3+3HO$ si prepara sciogliendo l'ossido anzidetto in forte aceto, e lasciando cristallizzare il sale che ne deriva. Ha un sapore dolciastro, per cui vien detto *zucchero di saturno* o di *piombo*. Per la sua solubilità

nell'acqua si utilizza per comporre la massima parte degli altri sali saturnini, come pel giallo di cromo e pel bianco di piombo (cerussa) e si adopera quindi singolarmente nelle tintorie.

Facendo bollire una soluzione di zucchero di saturno con ossido di piombo, formasi un acetato tribasico di quel metallo $3PbO.C_4H_3O_3$; la soluzione del quale ha qualità fortemente alcaline, e si conosce in medicina sotto il nome di *aceto di saturno*, rimedio locale che torna spesso utile nelle lesioni traumatiche, ecc. Se questo aceto viene diluito con acqua, costituisce l'*acqua del Goulard* che si adopera a scopo eguale; l'aggiunta di un po' zucchero di saturno facilita grandemente la disseccazione dei colori ad olio.

Questo preparato è potentemente venefico.

L'*acetato d'ossido di rame* $CuO.C_4H_3O_3+HO$ viene in commercio sotto il nome di *verderame distillato* in cristalli verdi-bruni; e si ottiene sciogliendo l'ossido di rame nell'acido acetico. Il *verderame usuale* è una mescolanza di due sali basici, e si forma mettendo in contatto l'aceto col rame col mezzo di scorie di questo metallo, e delle feccie di vino, nel qual caso prende il colore verde-azzurro, e del pari proprietà velenose.

L'*acetato di potassa*, e quello di *ammoniaca* si usano sovente in medicina, specialmente per promuovere l'attività della cute. L'*acetato d'allumina*, e quello *di ferro*, entrambi solubili, sono adoperati, il primo come mordente senza colore nell'arte tintoria, il secondo come colorante in nero, e serve eziandio a preservare il legno dall'imputridimento.

4. Acido butirrico, $C_8 H_7 O_3 HO$.

Segno = $\overline{\text{But.}}$

149. — Il frutto della *ceratonia siliqua* così detta *carruba* contiene quest'acido libero; lo contiene unito alla glicerina ed al burro; si forma in certe fermentazioni e processi dissolutivi massimamente dello zucchero, fra i prodotti del quale si trova sovente. Se una soluzione di zucchero si unisce a terra argillosa coll'aggiunta di un po'di cacio putrefatto, alla temperatura di 35° C. per alcune settimane si forma un butirato di calce, da cui si può separar l'acido butirrico col mezzo del solforico. Esso è deliquescente, fortemente acido, di odor penetrante acetico, bolle a 157° C. Il butirato di ammoniaca ha odore nauseantissimo, che ricorda quello d'un acre sudore.

5. Acido Valerianico, $C_{10}H_{9}O_{3}$. HO.

Segno = $\overline{\text{Val}}$.

150. — Esiste nelle radici della *valeriana officinalis*, si produce nella corruzione delle sostanze animali, ed è inoltre un componente del cacio. È liquido senza colore, d'odore particolare e forte di valeriana; bolle a 176° C. I suoi sali si usano in medicina, come antispasmodico sovratutto il valerianato d'ossido di zinco, e quel di chinina.

Acidi grassi.

151. — 6. L'*acido margarico* $C_{32}H_{31}O_{4}$.HO si trova in quasi tutti i grassi animali e vegetabili, e più facilmente d'ogni altra sostanza si converte in esso l'olio d'oliva. Si cristallizza in laminette madreperlacee che si fondono a 62° C.

7. L'*acido stearico* $C_{36}H_{35}O_{3}$.HO si rinviene generalmente in unione col precedente nel sevo, cristallizza in laminette argentee e si fonde a 70° C. Arrossa i colori oscuri vegetabili.

8. L'*adido oleico* $C_{36}H_{33}O_{3}$.HO si trova nella maggior parte dei grassi e degli olii; è liquido, senza odore, colore nè sapore.

I grassi.

152. — I grassi esistono belli e formati nei corpi organici, nè furono finora potuti produrre col mezzo dell'arte. Essi sono o solidi o liquidi, sempre tuttavia somiglianti fra loro nelle loro chimiche apparenze, qualunque ne sia la provenienza dalle piante o dagli animali. Ogni grasso è composto d'una sostanza acida, che si chiama *acido del grasso*, la quale vi si trova combinata con un corpo indifferente detto *glicerina*.

Gli acidi grassi sono o liquidi, ed allora si chiamano *acidi oleici* (*d'oleina*), o sono solidi, cristallini e si chiamano *acidi stearici* o *margarici*. La maggior parte però sono miscugli di acidi con glicerina, e l'essere solidi o liquidi dipende dall'essere in essi prevalente l'acido oleico, o lo stearico.

Pel sostentamento dell'uomo i grassi riescono d'assoluta necessità, come quelli che sono destinati principalmente a somministrar gli elementi onde si sviluppa il calore animale. Quindi vediamo che gli abitanti delle regioni più nordiche e fredde hanno

bisogno di tranguggiarne in quantità straordinarie. Secondo il loro uso i grassi possono spartirsi nei gruppi seguenti.

Come sostanze *alimentari* servono: l'olio d'oliva, l'olio di papavero, quello di mandorle, il butirro, lo strutto, il sevo, ecc. Come *combustibili*, l'olio di ravizzone, di canapa, di balena (o di altri cetacei) il sevo, ecc. Per fabbricar *sapone*, l'olio d'oliva, di ravizzone, di canapa, di adipe, di palma, di cocco, di balena, il sevo, ecc. Per uso di *plastica*, l'olio d'oliva, il grasso di maiale; per *vernici* e *colori ad olio* quello di lino, d'amandorle, di papavero, di canapa.

I grassi poi si distinguono per la loro insolubilità nell'acqua, nell'alcool e negli acidi; essendo invece solubili negli olii volatili del carbon fossile, chiamati benzina, nell'olio di trementina, nell'etere e negli alcali caustici: vengono assorbiti avidamente dai corpi porosi, come pure dalla allumina e dalla cimolite. Sulla carta formano una macchia ontuosa espansiva che non isvanisce all'azion del calore, non essendo essi volatili. Sotto l'influenza del calore e di alcune chimiche combinazioni si generano nelle singole qualità di grasso certi acidi grassi speciali volatili, d'odore rancido disgustoso, che costantemente deriva dalla presenza dello stesso acido volatile, che per lo più è il butirrico. Per lo che è mestieri evitare nella preparazione delle vivande di riscaldare gli olii ed i grassi a troppo alta temperatura. Imperciocchè in questo caso si decompongono in gas combustibile da cui contemporaneamente si produce una sostanza volatile, l'*acroleina*, dotata d'un irritantissimo odore, il quale attacca il naso e gli occhi; e di cui abbiamo un saggio negli incomodi vapori anche d'una candela di sevo appena estinta.

La più gran parte dei grassi esposti all'aria è in sommo grado immutabile, restando morbidi per anni interi. Alcuni però si rapprendono in sostanza solida, per l'azione dell'ossigeno, in vernice resinosa, e sono perciò detti olii essiccativi. Di questi il più importante è quello di lino. Gli olii estratti per espressione dai semi contengono sempre una certa quantità d'acqua e di mucilagini vegetali che li rende meno atti specialmente alla combustione. Col lungo riposo e coll'agitarli con un po' d'acido solforico filtrandoli poscia con pazienza, si ottiene di depurarli da quelle sostanze e di chiarificarli.

I grassi sono più leggieri dell'acqua e sormontano in essa senza mescolarvisi mai. Ma se prima di riporveli sono immedesimati con gomma o con mucilagine densa, ovvero anche con albumina,

restano sospesi nell'acqua versatavi sopra, in forma di bollicine estremamente divise.

Il liquido che si produce da questo rimescolamento si dice *emulsione*, e presenta l'aspetto d'un latte. Infatti il latte dei mammiferi e delle piante, come sarebbe quello di mandorle, consiste principalmente in goccioline di grasso divise e trattenute mediante un mezzo unitivo nell'acqua stessa. Col lungo riposo quelle goccioline si separano però dalle sostanze che le tenevano in sospensione.

153. — I *saponi* sono combinazioni di acidi grassi colla potassa o colla soda, dei quali si distinguono specialmente due sorta: i *molli*, o così detti *saponi liquidi*, composti di acidi oleici e potassa, ed i *solidi* costituiti dall'acido stearico combinato alla soda. La loro preparazione è sostanzialmente la stessa, stantechè quelle forti basi sottentran nel posto della *glicerina*, e ne la separano. A quest'uopo il fabbricator di saponi si procaccia un *liscivio* caustico (§ 73) versando dell'acqua sovra la calce usta, e il carbonato di soda. Colla lunga bollitura del liscivio insieme col sevo procede avanti la saponificazione e si forma una materia gelatiniforme, o colla di sapone, la quale contiene una quantità d'acqua di cui il sapone dev'essere liberato. Per ciò appunto si aggiunge sal di cucina che forma coll'acqua una soluzione concentrata e pesante, la quale si deposita in fondo ai recipienti sotto forma di *sotto liscivio*, e sulla quale galleggia il sapone, pronto a solidificarsi mediante il raffreddamento. Quanto più completa è la saponificazione, e quanto più rapida la separazione del sapone, tanto più esso diventa sodo ed allora ha la denominazione di *sapone in pane*. Tuttavia si può al medesimo aggiungere un 10 fino a 50 p. 0|0 d'acqua o di liscivio leggiero, rimescolandolo nel raffreddarlo, con che si viene a conseguire il così detto sapone tenero e morbido, che ha naturalmente tanto minor pregio, quanta più acqua contiene. Questa circostanza rende assai difficile l'estimazione del valor del sapone ed è occasione di grandi frodi in commercio. Mescendo colla pasta saponacea alcuni colori lo si marmorizza e tinge senza però accrescergli utilità alcuna. In acqua pura esso è solubile, come lo è del pari nell'alcool. Spesse volte però rende la soluzione torbida, e fioccosa, perchè lo stearato di soda si divide in un sale basico, ed in uno acido che si separa: una causa altresì d'intorbidamento dell'acqua è la presenza di sali calcarei nell'acqua.

La combinazione dell'acido stearico colla calce è solida ed insolubile. Quindi allorchè il sapone sodico venga sbattuto entro un

acqua con calce si forma un sapone insolubile che si coagula in fiocchi bianchi. L'acqua in tal caso non è acconcia per lavare, ma si può rendere servibile all'uopo coll'aggiungervi un po' di latte di calce, col levare la parte che resta limpida ed aggiungervi tanta soluzione sodica finchè ogni intorbidamento cessi. Cogli acidi i saponi si scompongono separandosene i loro acidi grassi che sono insolubili. Su ciò appunto si appoggia la formazione de' medesimi esposta al § 151. Un sapone è tanto migliore quanto risulta composto da maggior quantità de' detti acidi grassi separabili, quanto meno di peso perde nel disseccarsi, e quanto minore è il residuo che lascia nello sciogliersi nell'alcool, o nell'incenerirsi. In quest'ultimo processo si scoprono anche le mescolanze di creta, di spato pesante, d'amido, di sabbia, di pomice, ed altro.

I *cerotti* sono combinazioni d'acidi oleici con ossido di piombo, formati di olio con litargirio o minio; posti a riscaldamento a bassa temperatura danno il cerotto bianco di piombo; a fuoco forte invece il bruno che si conosce sotto il nome di *cerotto della madre*.

154. — Le *candele steariche* sono un composto d'acido stearico e margarico. Per formarle si prepara da prima un sapone calcareo col saponificare il sevo col latte di calce. Poscia si decompone la combinazione mediante l'acido solforico che unendosi alla calce dà formazione a del gesso, e lascia libero l'acido del sevo, il quale col mezzo della pressione si spoglia dell'acido oleico e coll'aggiunta d'un po' di cera si riduce a candele. Questa cera ha per iscopo di togliere la trasparenza e la natura cristallina che senza ciò avrebbero le candele dei soli acidi stearico e margarico. Come prodotto secondario si ottiene da questa operazione l'*acido oleico* e la *glicerina*, la prima delle quali sostanze s'utilizza poi a fabbricare il sapone.

155. — La *glicerina* $C_6H_8O_6$ è un liquido scolorato, inodoroso, siropposo, d'un sapore dolce zuccherino, incapace però di fermentazione spiritosa, solubile in acqua ed in alcool, insolubile negli eteri. All'aria si colorisce in bruno, del resto essa è inalterabile, e viene raccomandata per ispalmarne e meglio conservare le sostanze organiche, compresi gli alimenti. Col calore si decompone e somministra la fetidissima *acroleina* (§ 152).

156. — La *cera* va collocata per le sue proprietà anch'essa nelle sostanze grasse. È un prodotto del regno vegetabile contenuto nel polline dei fiori ed in altre parti della pianta, mescolato però a resine ed a materie colorate che la tingono in verde, in bruno, in rosso. Le api hanno la facoltà di produrre la cera dal

miele come prodotto di digestione, di cui questi piccoli animali ritraggono gli elementi dai fiori per adoperarlo alla costruzione delle loro celle. Fondendo questa sostanza si ricava la *cera greggia* di color giallo, d'odore specifico, forse dipendenti entrambi da miele interposto. Viene allora ridotta in fette sottili, bagnata ed esposta alle vicende atmosferiche, specialmente poi alla luce solare che la fa divenir bianchissima; cosicchè quando è ripolita è senza colore e senza odore e sapore, insolubile in acqua, difficilmente nell'alcool bollente, solubile abbastanza negli eteri caldi.

La densità della cera è$=0,96$, e il suo grado di fusione a 68° C. Analogamente ai grassi essa è composta di una sostanza in gran parte saponificabile col liscivio di potassa, detta *cerina* e d'un'altra che dicesi *miricina*. Viene adoperata in medicina, per fare candele, e per altri usi molteplici. La cera vegetabile, denominata anche cinese o giapponese, si ricava dalla cottura della corteccia e delle frutta di molti alberi, e corrisponde pei suoi più essenziali caratteri a quella delle api.

9. Acido benzoico, $C_{11}H_5O_3 . HO$.

Segno $= \overline{Bz}$.

157. — Questo acido si ricava per sublimazione dalla resina del benzoino in forma di aghi sottili, cristallini, senza colore, ed è interessante per alcune combinazioni che fa con altre sostanze. Distillando delle mandorle amare con acqua si ottiene l'*olio di mandorle amare*, il quale ha un odore aggradevole, ma è molto velenoso per l'acido prussico che contiene, e che abbandona quando si tratta con calce idrata e con soluzioni di ferro. L'olio depurato mantiene ancora l'odore di mandorle amare ma non è più venefico: la sua composizione è $C_{14}H_6O_2$. All'azione dell'ossigeno prende due equivalenti di questo gas, e si converte in acido benzoico $C_{16}H_6O_2+2O=C_{14}H_5O_3.HO$.

Sottoposto alla distillazione con idrato di calce, l'acido benzoico dà per prodotto il *benzilo* $C_{12}H_6$ incoloro liquido, che si trova anche fra i prodotti della dissoluzione del carbon fossile e degli olii, operata dal fuoco. Coll'acido nitrico il benzilo forma un liquido oleoso (*il nitrobenzilo*) $C_{12}H_5NO_4$ che pel suo gradevole odore di mandorle amare si conosce nelle profumerie sotto il nome d'*essenza di Mirbano*.

—

10. Acido lattico, $C_{12}H_{10}O_{10} . 2HO$.

Segno $\bar{L}$.

158. — Questo acido si trova in qualche sostanza vegetabile ed animale, in parte anche formato da esse più tardi per effetto di decomposizione. Esso rinviensi negli umori dello stomaco, specialmente nel succo gastrico, e come prodotto della decomposizione del latte acido, nel succo dei così detti *sauerkaut*, e di altri vegetabili inaciditi come sono i citriuoli. Più abbondantemente l'acido lattico si manifesta quando si lascia in fermentazione lattica a 30° C., la soluzione di zucchero con aggiunta di argilla e di formaggio putrescente: nel processo ulteriore della medesima si genera l'acido butirico (§ 149). Non è cristallizzabile, ha sapore fortemente acido ed è senza applicazione di sorta: però esso è cagione per cui il siero inacidito serva a lavare alcune macchie. Dietro la completa mortificazione della sostanza muscolare si trova in essa un acido libero (acido *miolattico*, o *paramilico*) così detto dalla sua rassomiglianza coll'acido lattico.

11. Acido malico, $C_8H_4O_8 . 2HO$.

Segno = $\bar{M}$.

159. — Quasi tutte le frutta acidule, specialmente le mele, e più ancora le sorbe contengono questo acido, che da quest'ultime viene generalmente preparato. È cristallizzabile, molto acido, ma senza uso.

12. Acido tartarico, $C_8H_4O_{10} = 2HO$.

Segno $\bar{T}$.

160. — È contenuto principalmente nel succo delle uve, e nel suo stato di purità si presenta in cristalli scolorati lamellari, di sapore fortemente acido. La più importante delle sue combinazioni è quella colla potassa, che si presenta sotto la forma di incrostazioni grigiastre col nome di *tartaro greggio* sulle pareti delle botti ove si suol custodire il vino giovane. Il tartaro depurato è d'un bianco di neve, e la sua polvere, denominata *cremor di tartaro* si usa in medicina. Questo è un bitartrato di potassa $KO.HO + C_8H_4O_{10}$. Nelle tintorie è spesse volte adoperato per lo stesso uso dell'acido ossalico. Nell'economia do-

mestica serve alla preparazione delle acque gasose. Il bitartrato di potassa combinato col tartrato d'ossido d'antimonio$=$KO.SbO$_3$.C$_8$H$_4$O$_{10}$+HO è impiegato in medicina col nome di *tartaro emetico.*

13. Acido citrico, $C_{12}H_5O_{11}$. 3HO.

Segno = $\overline{C}$.

161. — Trovasi questo in istato libero, e soltanto diluito entro i limoni come altresì nell'uva spina, nell'uva ribes e in altre frutta ancora; è in pregio pel suo gusto acido gradevole, e per la sua attitudine a formare cristalli prismatici allungati adoperati talvolta anche per l'arte tintoria. Anche con questi acidi si preparano limonate gasose e polveri refrigeranti.

14. Acido quercitannico, $C_{54}H_{19}O_{31}$. 3HO.

Segno = $\overline{Qt}$.

162. — Trovandosi grandemente diffuso nel regno vegetabile si può ammettere che questo acido esista in tutte le piante dotate d'un gusto astringente, e specialmente nella loro corteccia; ma in quella sopratutto della quercia, nelle foglie del somacco, nella scorza e pellicola di molte frutta. Il più puro, e in quantità più abbondante è quello che si cava dalle noci di galla, nelle quali si offre coll'aspetto di polvere gialliccia, di sapore molto astringente, di carattere tanto debolmente acescente, da essere appena giustificabile la sua appellazione di acido. Egli è perciò che in medicina si usa come astringente tanto per uso interno come localmente, massime nei casi di emorragia.

Importante però è la sua tendenza a impartire una tinta violetta ai sali di ossido di ferro, che in certi casi è molto oscura e perfino nera, per la quale sua proprietà si adopera a fabbricar l'inchiostro. Questo liquido si può preparare col prendere 6 parti di noci di galla contuse, 2 di solfato d'ossido ferrico, e 2 fino a 3 bicchieri di acqua, facendo bollire tutto per lungo tempo. Si aggiungono allora 2 parti di decozione di campeggio e 3 di gomma arabica per addensare alquanto il liquido. Soluzioni simili servono per colori neri-grigi, violetti da tingere sostanze diverse.

Se si vuole esaminare se un'acqua di fonte contenga del ferro basta sospendere in un bicchiere pieno della medesima, col mezzo

d'un filo, una noce di galla; una sola traccia di ferro, è sufficiente a far sì la detta noce venga coperta d'un velamento o d'una zona violetta. Quando si tagliano le frutta con un coltello di ferro, una qualche particella del metallo si scioglie negli acidi, che in esse non mancano mai, e perciò vediamo tingersi la lama di colore violetto massime se viene a contatto della buccia o della pellicola involvente il frutto. Il vino che contiene acido tannico, quando si mesca ad acque minerali ferruginose acquista anch'esso un colore violaceo nel miscuglio.

Le soluzioni di colla ed acido tannico si decompongono scambievolmente, formando un precipitato scolorato, fioccoso insolubile in acqua.

L'acido tannico deve il suo nome alla importante proprietà di convertire le pelli animali in *cuoio*, divenendo un necessario mezzo alla concia delle pelli.

Sono poi degni di speciale osservazione alcuni prodotti della decomposizione dell'acido tannico. Facendolo bollire con acido solforico si genera un deposito di sostanza zuccherina, che si dice *glucosa*, e il resto convertesi in *acido gallico* $C_{14}H_6O_{10}$. Questo ultimo si produce eziandio da una specie di fermentazione dall'acido tannico, quando si lasciano per lungo tempo in quiete delle noci di galla bagnate d'acqua. L'acido gallico si cristallizza in aghi senza colore, e dà colle soluzioni d'ossido di ferro un precipitato nero, che però non si ottiene colla soluzione di galla. Esso toglie l'ossigeno rapidamente agli ossidi metallici, e specialmente ai sali d'argento, nel mentre ch'egli medesimo si converte in una sostanza nera simile all'*humus*, o *terriccio*. In grado più elevato possiede questa proprietà l'*acido pirogallico*, che si ottiene colla sublimazione del precedente. Su questo modo di agire coi sali argentei, fondasi l'applicazione de' due acidi alla fotografia (§ 127).

15. Acido ippurico, $C_{18}H_8NO_5 \cdot HO$.

168. — Si trova esso nelle orine degli erbivori e massimamente del cavallo, ma non è escluso da quelle dell'uomo. Cristallizza in aghi e prismi bacillari a quattro faccie bellissime e senza colore. Bollito con alcoli diluiti e con acidi si decompone in acido benzoico e *glicocolla* (colla dolce).

—

16. Acido urico, $C_{10}H_2N_4O_4 . 2HO$.

164. — Questo acido azotato, che contiene 33 p. 0|0 di nitrogeno, si trova nell'orina dell'uomo e de' carnivori; più abbondante in quella degli uccelli e dei rettili, come pure nelle altre classi inferiori, e forma la base più comune dei calcoli orinarii. Per isolarlo, basterebbe prendere le escrezioni bianche globulari dei serpenti, le quali sono quasi per intero costituite di acido urico. Esso è bianco, senza odore e sapore, cristallizzabile in piccoli aghi o scaglie, difficilmente solubile in acqua. È specialmente interessante per i prodotti numerosissimi di decomposizione che si ottengono col suo intervento, dei quali il più ragguardevole è il *perporato d'ammoniaca* o *murexido* $C_{16}H_8N_6O_{12}$ formato in aghi magnifici cristallini splendenti giallo-verdi, che in acqua si sciolgono con un bel color porpora declinante in violetto colla potassa. Il *murexido* si forma semprecchè si riscaldi l'acido urico col nitrico, poi lo si evapori, e finalmente lo si tratti coll'aggiungervi carbonato d'ammoniaca. Questo processo serve anche di assaggio per rilevare le più minute quantità d'acido urico. Il *murexido* si adopera per la tintura.

17. Acido fulminico, $C_4N_2O_2+2HO$.

165. — Non si trova se non combinato cogli ossidi; ed è un prodotto di scomposizione dell'alcool. Il *fulminato di mercurio*, o mercurio fulminante si decompone colla percussione, collo sfregamento, col calore, dando scoppio violento, e con esplosione terribile, ma in piccola dose si adopera in unione col nitro e lo zolfo per riempire le capsule fulminanti. Per comporlo si usa mescolare 11 parti di alcool a 85 gradi, con una soluzione di 1 parte di mercurio in 12 di acido nitrico. Al più leggiero riscaldamento succede nna vivace decomposizione, per la quale raffreddandosi il liquido, depone cristalli bianchi del detto sale, che è una sotanza sommamente pericolosa, e da maneggiarsi con somma prudenza.

II.

Alcooli e prodotti delle loro trasformazioni.

166. — Sotto il nome di alcool comprendiamo tutta quella serie di combinazioni omologhe accennata al § 142, le quali corrispondono alla formola $C_nH_n + 2O_2$ e che nella loro proprietà come altresì nei loro prodotti hanno fra loro una simile concordanza. Ogni alcool colla perdita di 2 equivalenti di idrogeno si converte in una combinazione che si denomina l'*aldeido* del proprio alcool; se assume 2 equivalenti d'ossigeno si trasforma in un acido del pari ad esso corrispondente. Dietro l'idea già espressa al § 141, gli alcooli si considerano come idrati di ossidi radicali composti i quali prendono la comune appellazione di *eteri*, e quella di *eteri composti* od *ester* quando si combinano con acidi. Tali denominazioni derivano dal già da gran tempo conosciuto alcool ottenuto dallo spirito di vino, di cui faremo da prima parola, quantunque sia il secondo membro della serie.

1. Etiloalcool, $C_4H_6O_2$.

167. — Questo è quello che chiamasi propriamente *alcool* ed il cui nome teorico è *etilossido idrato* $C_4H_5O.HO$. Sotto il titolo di *spirito di vino* s'intende l'alcool che contiene il 15 0/0 di acqua

Lo spirito di vino non si presenta mai in natura spontaneo, ma è sempre il prodotto della decomposizione dello zucchero mediante la fermentazione, che descriveremo più tardi. Dopo che lo spirito di vino si è formato nei liquidi fermentati, questi si assoggettano alla distillazione. Lo spirito è volatile più di quello che sia l'acqua in cui è contenuto, e perciò distilla prima e colle distillazioni ripetute sovra la calce usta, si libera completamente dall'acqua stessa, e diventa anidro, ossia *spirito assoluto* od *alcool* propriamente detto, in questo stato è senza colore, d'odore gradito, ed eccitante, di sapore bruciante; la sua densità è 0,79, il grado di bollitura 78° C.; a — 90° non si rende solido. Preso internamente agisce come i veleni corrosivi. Molte sostanze solubili nell'acqua

quali sono i sali, non lo sono nell'alcool, mentre per converso quasi tutte le resine e gli olii eterei vi si sciolgono in esso. Brucia con fiamma debole azzurrastra senza fumo, e perciò è adoperato sovente come combustibile. Verso l'acqua esercita una forza attraente assai viva, e la assorbe anche dall'aria. Piante ed animali infusi nell'alcool vengono spogliati della loro umidità, e così s'addensano, s'asciugano, e vengono preservati dalla putrefazione. Anche l'azione caustica che esercita sulla bocca e sullo stomaco deriva appunto dall'assorbire che esso fa avidamente l'acqua dalla loro superficie. Sui nervi poi agisce in un modo specifico, producendo convulsioni e inducendo quello stato cerebro-spinale che costituisce l'ebbrezza.

Fig. 70.

L'acqua si può mescolare coll'alcool in tutte le proporzioni. Un miscuglio di 80-85 0\|0 di alcool si chiama generalmente *spirito*; uno di 40-50 0\|0 si dice *acquavite*. L'attività e la forza essendo in ragione inversa del contenuto acqueo, e diretta della quantità dell'alcool, diventa importante determinare con precisione questa quantità in un dato miscuglio. Si è perciò immaginato l'*alcoolimetro*, che è il misuratore, il pesatore degli alcool. Siccome questo liquido ha minor densità dell'acqua pura, così lo stesso identico corpo deve naturalmente affondarsi di più nell'alcool assoluto, che non nell'acqua. A quest'uopo si fa uso d'un tubetto di vetro (fig. 70) su cui sta notato un 0 nel punto più basso dove immerso lo stromento tocca il pelo dell'acqua, e col numero 100 quello in cui lo tocca nell'alcool assoluto. Poi si aggiungono 1, 2, 3, 4, ecc. parti d'acqua, e con ciò si notano i gradi intermedii, col raffronto di 100 diverse mescolanze contenenti da 10, fino a 100 0\|0 di alcool. L'alcoolimetro si affonda in uno di questi liquidi tanto maggiormente quanto più questo è ricco di spirito, e si ha così una scala che indica esattamente il quanto per 0\|0 dell'alcool contenuto.

Gli stromenti di questa specie o *alcoolimetri*, furono immaginati da Gay-Lussac e da Tralles e servono oggidì anche per la determinazione di certe valutazioni chimiche. Pur troppo non fu sempre seguìta questa opportuna divisione, avendo Cartier, Baumè, Beck ed altri divisa la scala in parti arbitrarie e in gra-

duazioni troppo grossolane. Senza dare una descrizione diffusa di questi stromenti, che ci condurrebbe troppo oltre, ci limiteremo ad esporre un raffronto dei diversi alcoolimetri al loro giusto posto.

Peso specifico	Volumi p. % secondo Tralles	Peso p. % a 12,5° R.	Gradi secondo Cartier	Gradi secondo Beck	Gradi secondo Baumé
1,000	»	»	10	0	10
0,991	5	4,0	»	»	»
0,985	10	8,0	12	»	»
0,980	15	12,1	»	3	13
0,975	20	16,2	»	»	»
0,970	25	20,4	14	5	»
0,964	30	24,6	15	6	15
0,958	35	28,9	»	»	16
0,951	40	33,4	»	9	17
0,942	45	37 9	18	»	»
0,933	50	42,5	»	12	20
0,923	55	47,2	21	14	»
0,912	60	52,2	»	16	24
0,901	65	57,2	24	19	»
0,889	70	62,5	27	»	28
0,876	75	67,9	»	24	»
0,863	80	73,5	30	27	32
0,848	85	79,5	35	30	35
0,833	90	85,7	»	34	38
0,815	95	92,4	40	38	42
0,793	100	100,0	44	44	48

L'alcool era già conosciuto dagli Arabi nel 12° secolo, e prese da loro il nome che porta; venne da principio adoperato come farmaco e come tale serve anche oggi in molte guise, avendo però avuta una applicazione tecnica molto più estesa. Sotto il riguardo scientifico può dirsi una delle sostanze dalla chimica organica le meglio studiate e più importanti, come si vede da' suoi derivati esposti nella serie al § 141, ed alle teoriche che se ne dedussero. Tratteremo d'alcuni soltanto di questi alcool a motivo della loro applicazione.

168. — L'**Etere** C_4H_5O, ossia l'*etilossido* AeO si prepara mescolando 3 parti di acido solforico e 2 d'alcool, e facendo distillare il miscuglio con aggiungere continuamente dell'alcool di mano in mano che il prodotto distilla. L'alcool (etilossido idrato AeO, HO) si scompone in acqua ed etere. Quest'ultimo è un liquido limpido come l'acqua, estremamente volatile, del peso specifico di 0,71 bollente a 35 C., solidificabile a — 44° C. Ha un odore molto eccitante e penetrativo, come si può sentire nelle così dette *goccie dell'Hoffamann*, le quali sono una mescolanza di una parte di etere e due di alcool. Desso non si unisce all'acqua, non scioglie quasi nessun sale, ma sì per contrario tutte le resine, gli olii eterei, ed i grassi. Viene usato in medicina, ed in alcune chimiche operazioni. L'inspirazione de' suoi vapori apporta dapprima uno stato di ebbrezza, poi l'assoluta perdita della conoscenza e del senso. I medici si valgono talvolta di codesta sua facoltà *anestetica* (privatrice del senso) per eseguire operazioni sui malati senza che abbiano a provarne dolore. L'etere nel suo rapido volatilizzamento genera freddo. Per lo addietro si conosceva anche sotto il nome di *nafta* e d'*etere solforico*, nome quest'ultimo affatto improprio, perchè non contiene traccia di zolfo.

169. Etere composto od **Ester**. — Con questo nome s'intende la combinazione di acidi inorganici ed organici coll'etere, ottenuta mediante distillazione dell'alcool con uno di tali acidi. Questi liquidi sono in massima parte volatili, di odore specifico, spesse volte fino e piacevole, di sapore aromatico; alla lor presenza vanno debitrici molte specie di frutta e di bevande prodotte da fermentazione, del loro particolare aroma, il quale è appunto prodotto di uno o di più di siffatti eteri.

In medicina si usano l'*etere nitrico*, composto di etilossido nitrico AeO, NO_5 e di alcool, che ha odore di miele, l'*etere clorico* composto di *cloretilo* AeCl con alcool, l'*etere acetico* AeO. $C_4H_3O_3$ di odore assai piccante, e che è contenuto nel vino.

Per imitare la fragranza del rhum, del cognac, e dar profumo a certe sostanze candite, esso viene impiegato sotto il nome di *essenza di frutta artificiali* o solo o con qualche miscuglio. L'*etere enantico* detto anche olio di cognac, o di graspe si ottiene colla distillazione del vino o dalle graspe; l'*etere butirrico* AeO. $C_8H_7O_3$ è d'odore assolutamente d'ananas, e perciò detto anche *olio d'ananas*; l'*etere valerianico* ha l'odore del rhum.

170. Aldeido $C_4H_4O_2$. — Esponendo a distillazione l'alcool con acido solforico e manganese, l'ossigeno di quest'ultimo stacca

dall'alcool 2 equiv. d'idrogeno, e ne resta un liquido particolare etereo composto come è segnato sopra. Coll'aggiunta di 2 equivalenti di ossigeno si trasforma in acido acetico $C_4H_4O_4$; ed è perciò il membro intermedio della trasformazione dei liquidi alcoolici in acido acetico. Riscaldando l'aldeido con un po' di soluzione d'argento e d'ammoniaca in un matraccio di vetro, l'argento viene ridotto, e copre a modo di specchio la interna superficie del vaso.

2. Metilalcool, $C_2H_1O_2$.

171. — Sotto il nome di *spirito di legno* si forma nella distillazione a secco del legno un liquido volatile e combustibile, dal quale colla concentrazione e col depuramento viene a costituirsi il *metilossido idrato* C_2H_3O. HO. Il suo peso specifico è 0,814; bolle a 60,5° C. e corrisponde nelle sue chimiche proprietà completamente all'etilalcool; il suo odore è specifico e spiritoso, non però grato; la sua produzione è senz'applicazione ed uso.

Lo spirito di legno impuro contiene 15 0]0 d'acqua e si adopera specialmente in Inghilterra come materiale da combustione.

Il *cloroformio* C_2HCl_3 si produce nella distillazione dello spirito di legno allungato e dell'alcool con cloruro calcico. È senza colore, di odore piacevole etereo, di sapor dolce, del peso specifico = 1,48, con bollitura a 61° C. La sua inspirazione genera perdita di senso con maggior prontezza e facilità dell'etere, per la qual cosa è adoperato sovente nelle operazioni chirurgiche.

3. Amilalcool, $C_{10}H_{12}O_2$.

172. — Questa sostanza, detta *amilossido idrato*, quando la sua composizione è = $C_{10}H_4O$. HO si produce prossimamente all'etilalcool nella fermentazione dei liquidi zuccherini e specialmente nella preparazione dell'acquavite di patate. In istato impuro è detto olio d'acquavite greggia. Depurato che sia è un liquido oleoso di cattivo odore d'acquavite, e d'un sapore bruciante; ha un peso specifico = 0,818, bolle a 132° C. è combustibile e non è per se stesso applicato a nessun uso. Ma in commercio serve a preparar profumi artificiali, l'amilossido valerianico misto ad alcool somministra l'essenza nota sotto il nome d'*essenza di pome* ed un miscuglio di amilossido acetico od etere acetico con l'alcool quella *di pere*.

III.

Basi organiche.

173. — Certe sostanze vegetabili, tra pel loro deciso sapore amaro, e per la importante azione che esercitano sull'organismo umano richiamarono già da gran tempo l'attenzione ed ottennero la riputazione di essere efficacissimi farmaci. Rammentiamo ad esempio la corteccia di china-china e l'oppio. Le ricerche di questi ultimi tempi mostrarono però che non tutta la materia contenuta in quelle sostanze possiede la medesima virtù, ma che anzi la massima parte sono costituite da elementi inoperosi, come sono le fibre legnose, le resine, le gomme ecc. mentre il vero principio attivo, in ragione di peso, si riduce ad una assai piccola porzione.

Riuscì per primo al chimico tedesco Sertürner nel 1804 di estrarre dall'oppio il principio attivo, e subito dopo si trovarono metodi per iscoprire sostanze analoghe in altre piante, e ridurle allo stato libero. Si conobbe ch'esse si comportano chimicamente alla maniera delle basi salificabili perchè agiscono alcalinamente, e formano cogli acidi dei sali senza colore, facilmente cristallizzabili e perfettamente neutri. E perciò a buon dritto si è dato loro il nome di *basi organiche* o di *alcaloidi*.

Tutte queste basi contengono azoto ed hanno in generale i caratteri seguenti: sono senza colore, senza odore, per lo più di sapore amarissimo; sono poco solubili nell'acqua, solubili invece nell'alcool; alcune anche nell'etere; sul corpo degli animali, e sulle piante estendono anche in piccole dosi un'azione molto veemente, per guisa che alcune entrano nella classe de' più potenti veleni. La loro applicazione si è fatta specialmente dalla medicina che ricavò da codesta scoperta vantaggi essenziali, perciocchè mentre, p. e., da prima agli ammalati di febbre periodica si doveano somministrar molti grammi di corteccia di china-china polverizzata da tranguggiare, sovente con grave imbarazzo allo stomaco, basta porgere ora pochi centigrammi di chinina, per liberarli dalla febbre stessa. Evvi inoltre l'altro vantaggio che gli altri principii componenti delle naturali sostanze vegetabili che spesse volte

disturbano l'azione della base, sono allontanati. Così, p. e., la corteccia di china-china contiene molto acido tannico astringente, l'oppio una sostanza stupefacente che rende incerta e mal fida la sua amministrazione, mentre la loro base si adopera potendone misurare esattamente gli effetti.

Per la preparazione delle basi vegetabili di solito si procede presso a poco nel modo seguente.

La data sostanza vegetabile si fa bollire in acqua coll'aggiunta di una certa quantità d'acido solforico. Si ottiene un sale solforico solubile, che si decompone poi mediante un alcali, cosicchè la base alcaloide per sè poco solubile, si depone in forma di precipitato. In questo stato essa è ancora colorita e contien materia estrattiva, ond'è d'uopo depurarla col ridiscioglierla negli acidi diluiti, farla bollir con carbone animale e precipitarla tante volte quante occorrono per ridurla senza colore. Gli alcaloidi possono anche venire estratti coll'alcool bollente, scoloriti mediante il carbone, e purificati colla cristallizzazione. Per quanto sembri facile questo processo, ritrova, massime per allontanare le sostanze coloranti molte difficoltà, e richiede non poche cure ed esperienza.

Molto più rare sono le basi organiche nei corpi animali, delle quali ci sono note finora poche soltanto. Ma sì queste come le vegetabili sono combinazioni quadernarie di carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto.

Tuttavolta la chimica è in possesso di una serie infinita di basi ternarie artificiali, prive d'ossigeno, che o colla distillazione dei corpi organici azotati, o con ispeciali decomposizioni di certe combinazioni possono essere scoperte ed ottenute.

174. Alcaloidi vegetabili. — La chinina $C_{40}H_{24}N_2O_4$ si estrae dalle diverse sorta della corteccia di china-china, di cui alcune ne contengono il 3 per 0|0; essa cristallizza in aghi di aspetto setaceo, si scioglie in 200 parti d'acqua, e la soluzione acquista alquanto d'azzurro, ha sapore amarissimo e si precipita col tannino. Come febbrifugo si adopera unita all'acido solforico o citrico: mezzo chilogrammo costa 50 fiorini.

La *morfina* $C_{34}H_{19}NO_6+2HO$ detto anche *morfio* si prepara dall'oppio che ne somministra ben 12 0|0. Cristallizza in prismi romboidali, è amara, venefica, narcotica; la sua soluzione si colora in azzurro scuro per l'azione de' sali di ferro. In medicina si predilige l'acetato di essa.

La *stricnina* $C_{42}H_{22}N_2O_4$ è contenuta in certe piante dell'America meridionale del genere *strychnos*, e si cava dal loro frutto,

che è la fava di S. Ignazio, od occhio di corvo. Cristallizza in prismi quadrangolari, che trattati con solfato e cromato di potassa danno un bel colore bleu violetto. Essa è d'un sapore fortemente metallico amaro, e può dirsi il più potente de' veleni che attacca la midolla spinale, produce tetano, e non può quindi prescriversi, come farmaco, che a tenuissime dosi.

La *caffeina* $C_{16}H_{10}N_4O_4$ è una debole base vegetabile, cristallizzabile in aghi serici fini, che si trova non soltanto nel caffè ma sì anche nel thè (detta perciò anche *theina*) e nel thè del Paraguai, mentre nella mandorla del cacao si trova la *theobromina* $C_{14}H_8N_4O_4$ molto analoga alla theina. Certo dipende dal contenersi in tutte quelle piante la caffeina, l'essere le bevande fatte con esse divenute d'un uso così esteso, ed un bisogno comune. Presa internamente la caffeina rianima l'attività cardiaca e cerebrale, produce battito al cuore, tremito, eccitamento; per contro le si ascrive nel tempo stesso un influsso rallentante sulla digestione e assimilazione delle sostanze alimentari nel corpo, ossia sulla metamorfosi organica.

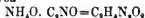
Le seguenti basi vegetabili non contengono ossigeno:

La *coniina* $C_{16}H_{15}N$, che si trae dalla cicuta (*conium maculatum*) è oleosa, volatile, di odore penetrante e stupefacente, molto venefica.

La *nicotina* $C_{10}H_7N$, preparata dalle foglie del tabacco (*nicotiana*) è anch'esso un olio volatile, senza colore, d'odore acuto e molto velenosa.

175. Alcaloidi animali. — La *creatina* $C_8H_9N_3O_4+2HO$ è un principio componente della carne de' vertebrati: difficilmente solubile, cristallizzato in prismi splendenti, limpidi come l'acqua, e si comporta come le basi deboli.

L'*urea* $C_2H_4N_2O_2$ si trova nell'orina dei carnivori, della quale forma il 5 fino al 10 0/0. È inodora, facilmente solubile nell'acqua, cristallizza in prismi lunghi incolori d'odore nitrico. Si ricava in molte guise da altre combinazioni artificiali. La combinazione dell'acido cianico $C_2NO.HO$ coll'ammoniaca si converte col solo riscaldamento in urea

$$NH_4O.\ C_2NO = C_2H_4N_2O_2$$

La *glicocolla* $C_4H_5NO_4$ si forma come prodotto di decomposizione di molte sostanze animali, e in ispecie della colla, mediante trattamento cogli acidi ed alcali; è dotata di sapore dolce da cui prese il suo nome. La *leucina* $C_{12}H_{13}NO_4$, omologa alla precedente, si produce nel formaggio putrido e si trova in varie parti dei

corpi animali. Si forma eziandio prossimamente alla glicocolla sotto condizioni uguali.

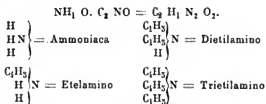
176. Basi organiche artificiali. — Sebbene di grande interesse pei progressi della scienza chimica queste basi presentano poche applicazioni all'uso pratico. Ne prenderemo dal grande lor numero un qualche esempio.

L'*anilina* $C_{12}H_7O$, si cava dal catrame del carbon fossile e dalla decomposizione dell'indaco colla potassa. È una sostanza scolorita, oleosa, liquida, del peso di 1,02, d'odore debole ma non ingrato, debolmente alcalina, che bolle a 184° C., compartendo alla soluzione cloro-calcico un colore purpureo violetto. Cogli acidi forma un sale cristallizzabile, la cui soluzione, colora fortemente in giallo il legno di pino. Con mezzi acconci operativi si possono ottenere coll'anilina degli splendidi colori azzurri, violetti e rossi, che hanno grande uso nelle tintorie, e i quali però non resistono molto all'azione dell'aria e della luce.

Un numeroso gruppo di basi di questa specie è costituito dalla ammoniaca, se si trattano con essa le combinazioni di cloro, di bromo, di jodio coi radicali dell'alcool, come, p. e., riscaldando l'ammoniaca con etilo jodico C_4H_5J. Esse hanno in generale proprietà analoghe a quelle dell'ammoniaca e possono venir considerate quale ammoniaca artefatta come fu detto al § 143 parlando della teoria dei tipi, in cui gli atomi dell'acqua proprii dell'ammoniaca, sono sostituiti dai radicali dell'alcool, cioè dal metilo, etilo, amilo ecc., denominazioni queste e formolarii che si esprimono coi seguenti esempi:

$$NH_1\ O.\ C_2\ NO = C_2\ H_1\ N_2\ O_2.$$

$$\left.\begin{array}{r} H \\ H\,N \\ H \end{array}\right\} = \text{Ammoniaca} \qquad \left.\begin{array}{r} C_4H_5 \\ C_4H_5 \\ H \end{array}\right\} N = \text{Dietilamino}$$

$$\left.\begin{array}{r} C_4H_5 \\ H \\ H \end{array}\right\} N = \text{Etelamino} \qquad \left.\begin{array}{r} C_4H_5 \\ C_4H_5 \\ C_4H_5 \end{array}\right\} N = \text{Trietilamino}$$

Intorno a quest'ultimo è da osservarsi che il suo odore è simile a quello delle aringhe; che nasce dal distillare diverse basi organiche colla potassa, ma che si trova bello e formato nella salamoia delle aringhe e nel *chenopodium fœtidum*.

IV.

Sostanze organiche indifferenti

177. — Le combinazioni organiche descritte nelle tre classi precedenti erano in parte solide, cristalline, in parte liquide con variabili gradi di bollitura, e di definito peso specifico. Esse si combinano in parte fra loro, in parte con acidi inorganici, con basi ed altri elementi in proporzioni fisse; talchè le loro composizioni hanno un limite determinato non meno di quelle proprie alla chimica inorganica. Abbiamo però nella seguente una grande serie di sostanze organiche, in cui ci manca più o meno il carattere chimico, e tutto è subordinato a quei caratteri che sono proprii della organizzazione. Una classificazione sistematica di cosiffatte sostanze è perciò impossibile, e ci contenteremo soltanto di distribuirle in gruppi naturali. Se esse presentano sotto il riguardo teorico minor interesse, hanno però una applicazione pratica più estesa, perchè ad esse appartengono i nostri alimenti più comuni, nonchè altre sostanze della maggior importanza. Le divideremo quindi nelle sezioni seguenti: 1° idrati carbonici; 2° sostanze coloranti; 3° olii eterei; 4° resine; 5° sostanze colloidi; 6° sostanze albuminose.

1. Idrati carbonici

178. — I corpi che spettano a quest'ordine consistono di carbonio, idrogeno ed ossigeno, e contengono questi due ultimi elementi nelle proporzioni da formare dell'acqua. Si possono perciò riguardare come combinazioni di carbonio con acqua $C+HO$, ond'è che vennero denominati carbonii idrati, come lo prova altresì la maniera con cui si decompongono.

1. *Fibre vegetabili*, $C_{12}H_{10}O_{10}$.

179. — La massa più abbondante dei vegetabili è formata di fibre e di piccole cellule (detta anche *tessuto celluloso*) le quali modificate nella forma costituiscono anche dei così detti vasi.

In queste cellule sono contenute altre materie, come a cagion d'esempio l'amido, il principio che colora in verde le foglie, o la *cromolina*, lo zucchero, altre materie coloranti e somiglianti, che si possono separar colle lavature d'acqua, d'alcool, d'acidi e d'altri mezzi solventi. La composizione delle fibre delle piante in 100 parti risulta: di 44,4 di carbonio, 6,2 d'idrogeno e 49,4 d'ossigeno. Una stessa composizione si osserva del pari nella cute del mantello di quei molluschi, che dicousi tunicati.

Il cotone imbianchito, il lino, il canape, la carta fatta con cenci di pannolini presentano tutti fibre legnose; perciò non sono solubili nè in acqua nè in altri mezzi solventi. Una soluzione di cupro ammoniacale scioglie le fibre legnose, p, e. il cotone, e si può con questo mezzo distinguer un tessuto di bambagia da uno di seta o di lana. Cogli acidi la cellulosa viene sotto forma di poltiglia fatta precipitar da questa medesima soluzione. Dai liquidi acquosi le fibre legnose vengono compenetrate, ed è questa una proprietà essenziale al nutrimento delle piante. Trattando della bambagia, delle segature di legno, della paglia con acido solforico concentrato si convertono prima in gomma e con una cottura più prolungata si cambiano in zucchero d'uva o glucosio, il quale colla fermentazione passa successivamente a spirito di vino. Con una breve immersione nell'acido solforico la carta prende aspetto e carattere d'una pergamena. Riscaldata poi con una soluzione concentrata di potassa, i suoi atomi si raggruppano in acido ossalico, acetico e carbonico, che si combinano colla potassa. Il cotone posto per poco in un bagno di liscivio caustico, si ispessisce, diventa simile alla lana, e più tenace nel ricevere e ritenere le tinte.

Trattando il cotone stesso con acido nitrico fumante, soffre un cambiamento notevole per ciò, che assume sotto un rapido riscaldamento di 50 a 75° R., od anche sotto una percussione, la proprietà di decomporsi violentemente esplodendo, proprietà che lo fece sostituire alla polvere pirica sotto il nome di *cotone fulminante*. Si prepara pertanto coll'immergere per 4-5 minuti il cotone in un miscuglio di 1 parte d'acido nitrico fumante ed 1 1|2 a 2 di solforico, poscia coll'asciugarlo perfettamente a 40° R. dopo averlo ben bene lavato. Questa sostanza detta anche *piroxilina* consta di 3 atomi H, che vengono sostituiti da 3 equivalenti NO_4 (acido sottonitrico), e quindi si compone nel modo seguente: $C_{12}H_7N_3O_{27}$, ed il suo grande contenuto d'ossigeno spiega la sua rapida e completa combustibilità.

La soluzione del cotone fulminante nell'etere, *collodio*, è un

liquido siropposo che versato, dopo una rapida volatilizzazione dell'etere, lascia al suo luogo una membranella sottile senza colore, trasparente e tenace. Ha desso una importante applicazione alla chirurgia ed alla fotografia per togliere le sostanze al contatto dell'aria.

Le fibre legnose possiedono la facoltà di combinarsi con alcuni sali basici specialmente d'allumina e di ossido di ferro, nonchè colle sostanze coloranti in guisa da formare sulla fibra stessa una vernice durevole. Codesta proprietà venne applicata alla tintura delle stoffe di lana e di cotone (§ 94).

Il *legno*, la cui materia fondamentale consiste nelle accennate fibre, è oggetto tanto di uso domestico come di lavoro, ed altresì importante pei suoi prodotti di decomposizione. Ne parleremo trattando della decomposizione dei corpi organici; nella quale occasione faremo cenno anche dei prodotti carbonici, i quali secondo varie influenze sono da esso somministrati, ed hanno il nome di terriccio, torba, carbone di terra, carbon fossile.

2. *Amido*, $C_{12} H_{10} O_{10}$.

180. — L'amido è contenuto in molte parti de' vegetabili, cioè nei semi delle granaglie e dei legumi, in parecchi bulbi quali sono le patate, nella midolla delle palme, nelle frutta del genere delle castagne, nelle ghiande, nelle mele, e perfino nelle corteccie delle piante ove però si trova in quantità più scarsa.

Macinando queste parti d'una pianta ed agitandole con acqua, si depone l'amido sotto forma di deposito bianco che dilavato con nuova acqua si depura e si dissecca.

Esso è insolubile nell'acqua fredda e nell'alcool; si stempera nella calda conformandosi in massa gelatinosa che si denomina *colla di farina* o glutine; diluita con molta acqua calda forma una soluzione imperfetta.

Poco disposto ad entrar in combinazione chimica con altre sostanze, ne contrae però una molto notevole col jodio, di colore cupamente violetto, e ciò con tanta prontezza che le più minute quantità di jodio sono scoperte dall'amido e viceversa.

Serve come nutrimento, come mezzo agglutinativo, per condensare i colori sovra il cotone nelle stamperie di tele; per saldare i pannilini; per dar la colla alla pasta delle cartiere ecc. Si distingue secondo le piante da cui si cava: quindi si ha quello delle patate, quello del frumento, quello del sagù, quello delle

palme, l'*arrow-root*, il *cassava* o *tapioka* che si cavano da radici di piante americane: tutte queste specie però sono perfettamente analoghe nelle loro qualità più essenziali. Pure non è senza utilità il riconoscere le farine d'amido secondo la loro provenienza per iscoprire le falsificazioni, per es., di quella di frumento con quella di patata. Ed a quest'uopo si presta molto il

Fig. 71.

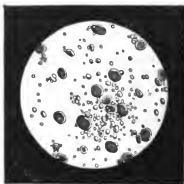
Fig. 72.

microscopio, col quale a circa 200 ingrandimenti vien dimostrato che la farina di patata (fig. 71) è composta di granuli allungati, formati di strati sovrapposti come le cipolle, e più grossi di quelli di qualunque altra farina. Quella del frumento (fig. 72) e delle altre granaglie hanno granelli lenticolari senza strati a embrice. Quella dei piselli (fig. 73) e di altri legumi si riconosce, dai suoi granuli aventi una speciale escavazione stellata nel mezzo.

Fig. 73.

L'amido è importante per alcuni prodotti della sua decomposizione. Riscaldato alquanto, e molto più quand'è arrostito, si converte in parte in gomma solubile e prende allora

il nome di *leucoma* che si usa appunto nelle stamperie del cotone. In questa guisa medesima si adopera la *gomma-amido* o *destrina*, che si prepara bagnando l'amido con acido solforico dilnto, riscaldandolo per qualche tempo, e rendendolo così molto analogo alla gomma arabica. Se l'azione dell'acido fosse più protratta si avrebbe finalmente lo *zucchero d'amido*.

Col mezzo dell'acido nitrico fumante l'amido è convertito in sostanza esplosiva analoga al fulmicotone.

È degno d'esser notato, come il grano germogliato conti una sostanza, che fu detta *diastasi*, la quale possiede la proprietà di convertire l'amido in gomma ed in zucchero, come accade col mezzo dell'acido solforico. Le sostanze analoghe alla farina d'amido sono l'*inulina* contenuta nei bulbi del topinambur, delle dalie, delle cicoree ecc., la *lichenina* ossia l'amido de' muschi e licheni, ambidue solubili in acqua bollente.

Le varie specie di mucilagini hanno composizione analoga alla farina d'amido, e ad essa si riferisce eziandio la *pettina* che si ritrova nella polpa delle frutta carnose e nelle radici.

3. *Gomma*, C_{12} H_{10} O_{10}.

181. — Sebbene la gomma esista in molte piante, pure non si estrae se non da alcune famiglie di mimose dell'Oriente, donde ci viene in goccie indurite dall'aria, sotto il nome di *gomma arabica*. La più pura è l'*arabica*, che è fornita da molte varietà di acacia, non ha colore, è solubile nell'acqua, insolubile nell'alcool, che la precipita dalle sue soluzioni. Si usa principalmente per incollare, per dar corpo ai colori, per le lacche, sebbene in questi usi venga sostituita dalla gomma-amido come quella che possiede le stesse proprietà e la identica composizione. Trattata coll'acido nitrico concentrato, la gomma arabica forma l'*acido mucico* mentre la gomma-amido è convertita collo stesso mezzo in acido ossalico. Bisogna avvertire che ancora altri succhi di di piante essiccati si chiamano gomme, sebbene sotto il riguardo chimico non si sieno considerate per tali se non le anzidette. Fra le gomme si classificano anche:

182. — La *mucilagine* delle piante, contenuta in molti vegetabili, ed a' quali porge la facoltà di sciogliersi nell'acqua formando un liquido tenace e mucoso adoperato a molti usi, ed in ispecie nella medicina come emolliente nelle tossi e nelle malattie del petto. Le sostanze che risultano composte quasi per

intero di mucilagine, o che per lo meno ne contengono assai, sono: la *gomma dragante*, la radice di *salep*, il *lichene islandico*, il seme di *lino*, i semi di *codogno*, la radice d'*altea*.

183. — La *gelatina vegetabile* detta anche *pettina* si trova nei succhi della massima parte delle frutta e delle radici. Cotto questo succo, p. e., quello del lampone collo zucchero, forma la *pettina gelatinosa;* decomposta coll'alcool, questa si squaglia in una massa trasparente.

4. *Zucchero.*

184. — Appellasi zucchero il carbonio idrato, di sapore dolce, solubile nell'acqua e nell'alcool e che posto in fermentazione col lievito si scompone in alcool ed acido carbonico. Lo zucchero è diffusissimo, specialmente nel regno vegetabile. Ve ne ha di molte specie, distinte fra loro per la quantità d'acqua contenuta, per attitudine a cristallizzarsi, pel modo di comportarsi verso la luce polarizzata; tali sono lo *zucchero di canna*, lo *zucchero d'uva*, lo *zucchero di latte*.

185. — Lo *zucchero di canna* $C_{12}H_{11}O_{11}$ è il più conosciuto, quello a cui altri si riferisce comunemente qualunque volta usa di questo nome. Esso deriva dalla canna di zucchero ov'è contenuto in maggior copia e da cui un tempo esclusivamente si ritraeva: però si trova anche in altre molte piante, specialmente nel succo delle barbabietole e dell'acero, nel fusto del maïs, nel miglio zuccherino, nelle zucche ecc.

La canna di zucchero appartenente alle piante saccaroidi delle Indie orientali ed occidentali, viene schiacciata, spremuta ed il suo succo, contenente circa il 10 p. 0[0 di zucchero decomposto con un po' di latte di calce, chiarificato col riposo e svaporato colla possibile celerità, affinchè non passi in fermentazione. L'aggiunta della calce ha per iscopo di separare l'albumina che vi è consociata e con essa gli acidi vegetabili. Così si ottiene lo *zucchero greggio*, il quale per la poca diligenza della preparazione presenta una polvere gialla o brunastra ed umida, di odore poco piacevole e di sapore particolare. Col toglierle poi questi sconci diventa *zucchero raffinato* che si appresta in Europa in molte raffinerie.

Il colore dello zucchero greggio dipende tanto dalle sostanze coloranti che vi sono frammiste, quanto eziandio dal soggiacere ad una mutazione sostanziale nell'atto che si evapora, perchè in parte si tramuta in una specie di zucchero colorito e non cristal-

lizzabile, che è detto zucchero mucilaginoso. Perciò si scioglie lo zucchero di canna in pochissima acqua, lo si fa bollir lentamente col carbone animale (§ 56) che lo scolora in gran parte; poscia si lascia passare il liquido per sacchi e feltri su cui però non abbandona tutte le parti sue grossolane; finalmente acciò diventi bianco si bolle di nuovo la soluzione zuccherina con albumina o con sangue che contiene di questa sostanza, la quale coagulandosi porta seco tutte le impurità sornuotanti e chiarifica per tal guisa il liquido, che posto nelle pentole o cassule svaporatorie si cristallizza. Così viensi a perfezionare lo zucchero in pane che prende la forma conica dei vasi aventi un foro nel loro apice. Si indurisce successivamente in piccoli cristalli, mentre la mucilagine prodotta dalla cottura scola allo stato di liquido bruno in un sottostante vaso e vien chiamata *siroppo di zucchero, mielaccio, siroppo olandese*, usato in qualche circostanza. Siccome poi a questo siroppo colorito, rimane attaccato sempre un poco di zucchero, così lo si dilava stillandovi sopra a poco a poco dell'acqua. Lo zucchero greggio si raffina coll'apparato centrifugo descritto al § 68 della Fisica. Si prende poi il pane di zucchero e si asciuga e si manda in questa forma in commercio. Che se lo si cuoce a minor calore e lo si tiene più a lungo in un recipiente caldo, deposita grandi cristalli gialli o bruni che costituiscono il così detto *zucchero candito.*

Nella fabbricazione dello zucchero, bisogna avere di mira che si generi possibilmente poco siroppo, giacchè questo ha pochissimo pregio; ed è perciò che si procura possibilmente di accelerare la evaporazione, e in particolare fuori dell'influenza dell'aria e a bassa temperatura, acciò i vapori che si formano nella pentola chiusa, possano essere sottratti mediante una macchina pneumatica. Una raffineria richiede non solo un gran capitale per mantenerla attiva, ma sì anche un grande corredo d'apparecchi

Nel 1747 il chimico Margraf di Berlino fece la scoperta che nelle barbabietole si conteneva zucchero cristallizzabile come nelle canne, e che per tale oggetto la migliore è la bianca di Slesia, detta perciò anche *rapa zuccherina*, il cui contenuto in media è il 10 p. 0[0, e con una conveniente coltura perfino il 12 e il 14. Il succo della rapa contiene però oltre lo zucchero una vistosa quantità di materie albuminose e di sali, cosicchè l'isolarnelo ed estrarlo è tanto malagevole e costoso, che mandò in rovina le prime fabbriche. I progressi della fisica e della chimica vinsero in seguito tutti gli ostacoli, cosicchè lor mercè gran parte dello zuc-

chero della Germania e della Francia si ricava oggidì dalle barbabietole. Si calcola l'annuale produzione di questa sostanza dalle canne a 41 milioni di centner, quello delle barbabietole a 4 1[2 milioni di centner, dei quali almeno 2 provengono dai paesi dello Zollverein, dove si computa annualmente il consumo a 4 chilogramma per testa.

La fabbricazione dello zucchero di barbabietole è essenzialmente la stessa di quello di canna. Le rape vengono prima grattate, ovvero schiacciate e spremute; il succo che ne esce viene ulteriormente lavorato; ovvero esse si tagliano a fette e son lavate con acqua, ovvero si adoperano incise a pezzi ed asciugate. In questo ultimo caso si possono lungamente conservare e rimettere in acqua.

I melassi delle fabbriche di zucchero di barbabietole si manipolano poi per avere acquavite, e dal residuo della distillazione la potassa. Le rape spremute servono di concime, di pasto per animali, e di materiale per far carta.

Lo zucchero di canna più puro cristallizza in colonne prismatiche chiare e limpide, oblique. Colla calce, colla barite, e con altri ossidi metallici forma combinazioni solubili nell'acqua. Riscaldato sopra i 200° C. si converte in una massa bruna insipida detto *caramella* $C_{12}H_9Og$, che si scioglie con intenso coloramento giallo o bruno nei liquidi acquosi, e che serve così al coloramento del vino.

186. — Lo *zucchero d'uva* $C_{12}H_{12}O_{12}+2HO$ esiste nel succo delle uve, nei frutti dolci, nel miele e inoltre nella canna di zucchero, nell'amido, nella gomma, nelle fibre legnose, da cui si può ottenere col mezzo degli acidi allungati, e allora prende il nome di *zucchero d'amido* (zucchero di patate). Si riscaldano a bollitura due parti d'acido solforico in 300, e 400 d'acqua, e si mescolano in queste 100 parti di amido prima stemperato con acqua. Sul principio si forma della *destrina* che si converte poscia in zucchero, e questa conversione si riconosce completa quando non nasce alcun precipitato trattando 1 parte di essa con 6 d'alcool assoluto, e invece non altro si ha che un leggiero intorbidamento. Col carbonato di barite o di calce si elimina l'acido solforico, si chiarifica ed evapora.

Lo zucchero d'uva puro è scolorato, cristallizza in granuli, è meno solubile e men dolce di quello di canna; serve però per la preparazione dei vini e in sostituzione del mele. È anche uno dei prodotti della fermentazione nei quali iuttavia la più gran parte di esso va perduta. La soluzione turchina di solfato di rame collo

zucchero d'uva e potassa riscaldata perde il colore, e l'ossido di rame si riduce ad ossidulo rosso bruno.

La *glucosa* è uno zucchero non cristallizzabile, contenuto nel siroppo, nel miele e nelle frutta dolci insieme ad altre specie di zucchero.

Lo *zucchero di latte* $C_{12}H_{11}O_{11}+HO$ trovasi nel latte dei mammiferi e si estrae dal siero dolce. È difficilmente solubile, e di sapore poco dolce.

Lo zucchero della *Manna* o *Mannite* di cui è la manna formata, proviene dai succhi estratti di molte piante, e specialmente anche da'funghi; ma non è una qualità genuina di zucchero, perchè non vien messo in fermentazione dalla feccia del vino.

2. Materie coloranti.

187. — La grande quantità di materie coloranti nel regno vegetabile somministra in proporzione ben pochi colori, stantechè un numero ragguardevole, massime di quelli dei fiori si distruggono rapidamente per l'azione della luce e dell'aria. I più resistenti presentano poi un così diverso modo di comportarsi che è impossibile delinearli in modo generico, mentre d'altronde la descrizione dei singoli ci porterebbe troppo oltre. Le sostanze coloranti sono in parte solubili nell'acqua, nell'alcool, nell'etere, in parte si combinano come gli acidi colle basi, principalmente coll'allumina (§ 94). Tutti però sono distrutti dal cloro senza eccezione. Colla lana, colla seta, col lino, col cotone alcuni si combinano direttamente, altri soltanto quando quelle sostanze furon predisposte con una certa *concia*, cioè abbiano una copertura che fissi il colore; la quale principalmente è data dai sali d'allumina, di ossido di ferro o di rame, e dal cloruro di stagno. Siccome la massima parte delle materie coloranti non è cristallizzabile, la loro chimica composizione è meno determinata che non quella delle altre materie organiche indifferenti. Le più importanti che si usano nelle tintorie sono:

Colori *gialli* = il *guado*, il *legno giallo* o *cotino* la corteccia di *quercitrina*, le *bacche gialle*, o persiane, la *curcuma*, la *morinda citrifolia*, il *guado* e il *zafferano*.

Colori *rossi* = la *robbia*, la cui radice può dirsi la principale delle sostanze coloranti, e che imparte un colore rosso durevole od anche violetto e bruno. Macinata e trattata coll'acido solforico, si rianima il colore rosso, ed il prodotto è detto *garacino*. Dalla

medesima si estraggono tre particolari materie coloranti, che sono l'*alizarina* in aghi lunghi rossi brillanti, la *rubiacina* e la *xantina*. Il *campeggio*, il *fernambuco* o legno del Brasile, il *zaffranone*, il *sandalo*, la radice d'*alkanna*, la *cocciniglia* che è prodotta da un insetto che vive nell'America Meridionale sopra diverse specie di cactus, e da cui si trae il bel *carmino*, l'*ancusina* e *l'orceina* che si preparano ambidue dai licheni, ed il *sangue di drago*.

I colori *verdi* son pochi. Si usa però il succo dello *spino cervino* sotto il nome di *succo verde*. Il color verde delle piante si deve al così detto *clorofillo* che è di natura resinosa, ma non atto a colorire.

Colori *azzurri*. A questi appartiene la *laccamuffa* che si ricava da certi licheni, per riconoscere la natura alcalina o acida di un corpo.

Sopra tutti è pregiato l'*indaco* che si ottiene nelle Indie da diverse specie di piante, e che è di natura azotata. Il suo principale vantaggio consiste nella durevolezza grandissima della sua tinta, perchè esso non viene neppure arrossato dagli acidi. Dall'indaco che viene in commercio si cava il colore puro colla sublimazione in cristalli purpurei: e dicesi *bleu d'indaco*. Nell'acido solforico fumante si scioglie e si combina componendo un *acido solfo indigotico* atto a servire per tintura. Il carbonato di potassa precipita dalla soluzione una polvere bleu, che è il *carmino d'indaco* e chimicamente un *solfo indigotato di potassa*.

Se l'indaco si mescola con sostanze disossidanti, qual è, p. e., l'ossidulo di ferro o lo zucchero d'uva, si converte allora in una materia solubile scolorita, che si denomina *indaco bianco*, le soluzioni del quale empiono i così detti *tini d'indaco* nelle tintorie. Le stoffe che in essi si immergono prendono poi, per ossidazione prodotta dall'aria la tinta bleu dell'indaco. Coll'acido nitrico concentrato questa sostanza si converte in una materia colorante gialla, denominata *acido picrinico*.

3. Olii eterei.

188. — Gli olii volatili od eterei si trovano formati nel regno vegetabile, ove possono dirsi la causa vera dello speciale odore delle loro parti diverse, e massimamente delle foglie dei fiori e delle frutta, contenuti a piccole goccie nelle loro così dette glandule. Tutti questi olii sono liquidi, e nello stato di purezza

quasi tutti senza colore. Il loro odore è penetrante, e in generale, tranne poche eccezioni, aggradevole, come ne è piccante il sapore. Versati sulla carta vi fanno macchia oleosa, che in breve tempo sparisce per la loro natura volatile. Sono poco solubili nell'acqua, molto per contro nell'alcool, nell'etere e nei grassi. Rispetto alla loro chimica composizione formano due gruppi principali, di cui il primo è costituito soltanto da carbonio ed idrogeno, l'altro da questi due principii e dall'ossigeno; pochi contengono oltrecciò dello zolfo e dell'azoto.

Ricevono dall'aria alquanto d'ossigeno che li converte in sostanze solide fino a divenire resinose. Da alcuni si separa, in ispecie ad un certo grado di freddo, una parte solida cristallina, che si denomina lo *stearoptono* dell'olio. Il loro uso è molteplice. Le sostanze ove sono contenuti sono adoperate come condimento non che nelle bevande spiritose, nei liquori, nelle acque odorose e nella medicina, servendo anche di farmaco.

Si producono e preparano questi olii col distillare grandi quantità di sostanze vegetabili odorose, con una piccola quantità d'acqua. Nel liquido veggionsi sopranuotare per la loro leggerezza maggiore.

Fra i più notevoli annoveriamo i seguenti:

L'olio di *trementina* C_5H_4 contenuto in tutte le parti del pino. È questo di una particolare importanza per la sua proprietà di formare *vernici*, stante che in esso si sciolgono molte resine, e di asciugarsi in breve tempo. Perciò è anche il mezzo solvente e stemperante ordinario delle vernici a base d'olio di lino e dei colori ad olio, che si usano nella pittura. Come tutti i congeneri accende di leggieri ed arde con forte fiamma fumosa. Depurato colla distillazione si converte in *canfino*, olio chiaro come l'acqua, adoperato per combustibile nelle lampade.

Per profumerie servono principalmente l'*olio di cedro*, che si ricava dalla corteccia del limone; quello di *bergamotto* estratto dal cedro di questo nome; quello di *garofano* da i così detti *chiodi di garofani;* quello di *cannella*, di *lavanda*, di *mandorle amare* (§ 157) di *rose*, il quale ultimo si prepara in Oriente, ed è molto costoso.

Come condimento dell'alcool e dei liquori si usano l'olio di *ginepro*, d'*anisi*, di *finocchio*, di *cumino*, di *garofano*, di *menta*.

Per uso medico si adopera in particolare quello di *camomilla* dotato anche di un bel colore bleu-scuro.

Dall'olio volatile, che si prepara dal lauro indigeno delle Indie,

si separa una parte solida la quale sotto il nome di *canfora* è usata internamente ed esternamente come eccitante ed animante: havvi un altro analogo principio denominato *cumarino*, d'odore gratissimo, che si trova nella *fava di Tonka*, nella gramigna odorosa e nell'asperula.

Gli olii eterei solfati sono: quello estratto per distillazione dalle cipolle e dall'aglio, detto anche *allilo solfureo* C_6H_5S; quello etereo di *senape*, ovvero *allilo ciano-solfureo* $C_6H_5.C_2NS$, che contiene anche azoto, e che come l'altro è venefico.

4. Resine.

189. — Le resine, corpi composti di carbonio, idrogeno e poco ossigeno, sono produzioni del regno vegetabile, che fluiscono da' punti vulnerati di qualche pianta, per lo più miste ad olii volatili combinati in modo intimo colle resine medesime. Il loro colore comune è giallo, come la forma ne è cristallina. L'olio combinato con esse, loro impartisce generalmente odore e gusto aggradevole, sovratutto quando sono gettate sui carboni ardenti, divenendo per tal guisa mezzi di piacevole profumazione. Sono tutte insolubili nell'acqua, ma invece solubili o nell'alcool, nell'etere, e negli olii volatili, ovvero soltanto in alcuni liquidi di questa specie. Se queste ultime soluzioni vengono in sottili strati esposte all'aria, svapora il solvente e rimane soltanto il velamento lucido sotto forma di *vernice*. Abbiamo già provato come le resine sfregate divengano elettriche, senza essere conduttrici di elettrico.

Sotto il riguardo chimico le resine si comportano come acidi deboli, formando colle forti basi le stesse combinazioni come gli acidi grassi, cioè i *saponi resinosi*, i quali nelle arti, e singolarmente nella fabbricazione della carta a macchina si usano con grande frequenza. Cogli acidi forti si possono però separare questi acidi resinosi da tali combinazioni, ottenendoli a questo modo scoloriti, senza odore e cristallizzati.

Fra le resine principali notiamo le seguenti:

La *trementina* che fluisce da diverse specie di abeti, e sovratutto dal larice, dal pino marittimo e che presenta un miscuglio di resina e d'olio volatile. Distillata con acqua somministra l'olio di trementina, restando un residuo resinoso bruno, denominato *colofonia*. Asciugata la trementina all'aria, dà la *pece gialla*, che fusa e depurata si riduce a *pece bianca* o da botti. Sottoponendo

alla distillazione le parti resinose dei coniferi, in ispecie del legno di pino, si ottiene da principio un catrame chiaro, che distillato con acqua lascia per residuo la *pece bianca*; più tardi esce il catrame nero, che trattato allo stesso modo dà poi la *pece nera*. Molta di questa resina ci proviene dall'America, e dalla sua distillazione si ha l'*olio di resina* che si adopera per abbruciare nelle lampade, e per la composizione dell'*unto da ruote*.

La *pece di Borgogna* è somministrata dalle incisioni praticate a tal uopo sul tronco dell'*abies excelsa*. Anche il così detto *balsamo del Canadà* è una specie di trementina.

Il *copal* proviene dalle Indie in forma di pezzi giallo-chiari, i quali squagliati e sciolti con olio di lino costituiscono la vernice di copal la più durevole di tutte le vernici perchè non intaccata dall'alcool.

Il *mastice* e la *sandracca* sono resine in grani bianchi o giallognoli solubili nell'alcool, e costituenti vernici trasparenti. Si fa uso di esse unitamente al *benzoino* ed allo *storace* per profumo.

La *gommalacca* scaturisce da molti alberi delle Indie orientali, dalle incisioni che fanno alla loro corteccia alcuni piccoli insetti. Si scioglie in generale nell'alcool, e si usa per farne la ceralacca e la vernice da pulire, e lucidare i mobili. Col cloro si scolorisce perfettamente, e si può adoperarla allora per vernici incolore.

La *resina di gialappa*, si ha dalla radice del *convolvulus jalappa* e si adopera in medicina come purgativa.

Alcune resine essendo molli, e perfino liquide, si chiamano *balsami*, qual è, p. e., il *balsamo del Perù*, e il *Tolutano* che si rendono tanto aggradevoli pér il loro odore che ricorda quello della vaniglia e dell'eliotropio.

190. — Il *cautciù*, detto comunemente *gomma elastica*, si ottiene dal succo lattiginoso di alcuni alberi (*Lobelia cautciù*, *Iatropha elastica*, *Ficus elastica*) che crescono nei climi equatoriali. La sua principal proprietà è indicata dal nome che le fu dato, possedendo infatti una grandissima elasticità, per cui dopo uno stiramento o una pressione i pezzi di esso riprendono tosto le lor dimensioni. Ad un freddo di — 10° C. divien duro e perde quasi affatto codesta facoltà, e allora chiamasi *cautciù gelato*; riscaldato la riprende; a 170° C. o 200° cangia forma e natura e diventa d'una consistenza di miele, spandendo odore sgradevolissimo; al fuoco brucia con violenza e manda denso fumo. Per la sua arrendevolezza potendosi tirare in fili, ridurre in fogli, e manipolare in tutti i modi venne, specialmente per merito dell'in-

glese Makintosh, adoperato il cautciù a farne tessuti pregiati per la loro leggerezza e perchè non si lasciano compenetrare dell'acqua. Tali tessuti però presentavano l'inconveniente che dopo un certo tempo la parte grassa e oleosa del cautciù separandosi rendevali meno acconci allo scopo, e furono abbandonati. Ma una straordinaria importanza ed estensione presero le fabbriche di tal genere dopochè si è scoperto, che un'aggiunta di zolfo alla detta resina le comparte una grande e durevole elasticità anche sotto il freddo; anzi col mescolare cautciù zolfo e gutta-percha in proporzioni diverse si formano masse fornite di differenti gradi di durezza e morbidezza dalla consistenza del legno e del corno alla arrendevolezza della pelle e del cuoio. Il solfuro carbonico (§ 66) trova in queste fabbricazioni una applicazione estesissima; perchè il cautciù decomposto col 10 0|0 circa di zolfo diventa ciò che dicesi *vulcanizzato*. Il cautciù puro contiene soltanto carbonio ed idrogeno C_8H_7.

La *gutta-percha* venne introdotta in Europa dalle Indie orientali soltanto nel 1843, ove e specialmente a Borneo e Singapor si ricava da un grande albero (*Isonandra percha*), raccogliendo il succo lattiginoso del medesimo, e in parte anche staccando gli strati induriti del succo stesso dalla pianta anzidetta. Essa è recata in commercio in fette simili ai ritagli di cuoio, ovvero in pezzi di colore grigio-chiaro somiglianti al legno marcito. La gutta-percha è insolubile nell'acqua, nell'alcool, nei liscivii ed acidi deboli, in parte solubile nell'etere, facilmente nell'olio di trementina. La sua principale facoltà è quella di divenire molle e impastabile nell'acqua bollente, come la cera, ond'è che si possono fare con essa opere d'arte d'ogni sorta, ritenendo nel raffreddarsi la forma che le vien data. È oltremodo tenace, ma non elastica: congiunta al cautciù, le vien comunicata però anche questa proprietà. Molto utile riesce quindi per reimpressioni delle sculture in legno, per le copie galvanoplastiche (§ 123).

L'*ambra* o *succino* è una resina appartenente al regno minerale, la cui origine si collega coi boschi distrutti che oggidì appariscono come carbone di terra (lignite). Questa resina d'un bel giallo, e dura, si lavora in molteplici maniere, e fusa al fuoco nonchè sciolta coll'olio di trementina, somministra una bella vernice molto durevole, specialmente indifferente all'azione del sapone e dell'alcool.

191. — *Gomma resina* chiamasi una mescolanza di resine di gomme, d'olii volatili, e d'altre materie ancora che scaturiscono

da piante de' paesi caldi, utili sovratutto come farmaco, qual sarebbe, p. e., la *gomma gotta* notevole pel suo bel colore giallo, la *gomma ammoniaco;* l'*assafetida* distinta pel suo pessimo odore, e perciò detta *sterco del diavolo*, la *mirra*, l'*aloe*, sostanza amarissima e purgativa, l'*oppio*, ed altre consimili sostanze.

5. Colle.

192. — Molte parti del corpo degli animali, ma più singolarmente la cute, le cartilagini (§ 56) e la vescica natatoria dei pesci, si disciolgono dopo continuata e lunga cottura nell'acqua in totalità, formando un liquido, che raffreddando si rapprende in gelatina, e disseccato chiamasi *colla*. Perciò quelle parti e tessuti si dicono anche *colloidi*. L'uso della colla comune come mezzo unitivo è abbastanza conosciuto: essa non è nutriente per nulla. Cento parti di colla contengono 49, 3 C; 6, 6 H; 18, 3 N; 25, 8 O; ed oltracciò una piccolissima quantità di zolfo.

La colla purissima si ottiene collo sciogliere la colla di pesce in acqua bollente, da cui si ha un liquido incoloro, inodoro, e insipido. Quando è secca è inalterabile all'aria. Riscaldata per lungo tempo con acido solforico diluito, o colla potassa si converte in zucchero di colla dolciastro, che si denomina *glicocolla* e *leucina* (§ 175). Speciale proprietà degna d'essere notata; si è quella di formare coll'acido tannico una combinazione insolubile nell'acqua, come si vede quando si mescola una soluzione di essa con corteccia di quercia, o con decotto di noci di galla, da cui deriva tosto un precipitato abbondante e fioccoso.

193. Cuoio. — La pelle degli animali è formata di tre strati diversi, che sono: 1° l'*epidermide*, 2° il *corio*, 3° il *tessuto connettivo:* ma di questi tre è soltanto il corio quello che ha relazione a questa sostanza. Si spogliano le pelli rozze dell'epidermide e dei peli, come pure del loro strato cellulo-connettivo, e adiposo, si collocano così come sono, o coll'intermezzo di spalmature di sale l'una sopra l'altra, entro fosse per sottoporle ad un certo grado di macerazione, e poscia si raschiano con un coltello ottuso. Servono pure a quest'uso la potassa caustica e il cloruro calcico (§ 89) per decorticarle e spogliarle dal grasso.

Si distingue nella cute la superficie interna o muscolare dalla esterna. L'osservazione microscopica mostra che la pelle mondata non è che un tessuto connettivo composto di fibre sottili e trasparenti. Lasciandola pertanto disseccare, quelle fibre si attaccano

e agglutinano fra loro, e la pelle perciò acquista durezza, rigidità, immutabilità che la rende atta alle operazioni tecniche. Sotto l'influenza dell'umidità va in putrefazione e in questo stato possiede la facoltà d'agire distruggendo le combinazioni organiche.

Ma se però la cute è umida ancora senza esser putrefatta, e le sue fibre son tuttora arrendevoli, molte sostanze agiscono sovra essa, s'incollano fortemente sulle fibre stesse nel successivo suo disseccamento e rimane impedito lo scomporsi di essa. La pelle preparata dicesi *cuoio*, e come tale possiede tenacità, arrendevolezza, resistenza alla putrefazione e diventa un materiale del più alto pregio tecnico. Per prepararla o come dicesi *conciarla*, si adopera principalmente l'acido tannico, l'allume e il grasso, e si distingue da ciò la conciatura rossa, bianca e la camosciatura.

Per la preparazione del cuoio da suole e da scarpe sono dai conciatori prima di tutto fatte rigonfiare le pelli ripulite, che è quanto dire immerse nell'acqua corrente quanto tempo occorre, finchè ne sieno inzuppate, dopo di che si mettono in casse con raschiature di corteccia di quercia ridotte a poltiglia. Questo liquido contiene acido tannico e quanto più adagio e completamente esso compenetra la cute tanto più completamente questa vien ridotta allo stato di cuoio, abbisognando a quest'uopo di più mesi. Venendo questa funzione aiutata dall'endosmosi (FISICA, § 31), la compenetrazione della cute si accelera perciò col cucire insieme le pelli vitelline a forma di sacco, e si riempiono di polvere di somacco, poi si mettono entro fosse piene d'acqua.

Nella concia a bianco si trattano le pelli da prima colla calce caustica, poi eliminata la calce colla lavatura e cogli acidi deboli, si comparte alla cute il suo carattere di cuoio col rammollirla in un miscuglio di allume e di sal di cucina. La camosciatura si eseguisce non soltanto pella pelle di camoscio, ma eziandio su quelle di capra e di montone, e si compie inzuppandole bene di olio e sottoponendole alla follatura; l'olio esuberante è portato via dal liscivio.

194. — Dicesi *sostanza cornea* quella che si cava dalle corna, dai capelli, come pur da lana, cuticola, penne, unghie ed altre somiglianti parti del corpo animale. È una sostanza che si scioglie per l'azione degli alcali caustici con svolgimento d'ammoniaca, e si fonde oltracciò con una pressione dal di sotto in su perfettamente nell'acqua bollente, cosa che non ha luogo però a freddo e se si abbassa la temperatura dell'acqua. Cento parti contengono in media 50C; 6H; 17N; 21-23O, 3-5 zolfo. Tutte le so-

stanze cornee servono di ottimo ingrediente pei concimi, al qual'uopo deggiono adoperarsi estremamente divise, e non agiscono che dopo molti anni, decomponendosi assai lentamente.

6. Sostanze albuminoidi.

195. — Nell'amido, nelle fibre legnose, nelle gomme, nelle varie specie di zuccheri oltre alle sostanze azotate in combinazioni organiche, abbiamo una serie di corpi che tanto per la loro composizione quanto anche per certi altri rispetti e singolarmente per certi fenomeni di decomposizione, si trovano con quelle in una stretta corrispondenza. Ne' dissimili gruppi di corpi composti presentano le materie grasse, le quali mescolate in proporzioni variabili, vengono somministrate dalle diverse specie di grassi vegetabili od animali. La circostanza che tutti questi corpi sono formati di tre soli principii, carbonio, idrogeno ed ossigeno, che in conseguenza delle loro chimiche condizioni vengono facilmente ridotte al loro stato puro e genuino, ha reso possibile il conoscerle perfettamente nelle loro composizioni e nelle mutazioni che in essi accadono per certe influenze.

Nella stessa guisa noi conosciamo nel regno vegetabile ed animale altri gruppi di corpi che hanno fra loro grande analogia nelle chimiche composizioni e nei caratteri. Questi compresi in generale sotto il nome di *albumina* o *proteina* sono: l'*albumina*, la *fibrina* e la *caseina*.

Codesti tre corpi contengono, oltre carbonio, idrogeno ed ossigeno anche dell'azoto e dello zolfo; ma parte, perchè essi non sono sempre in istato perfettamente puro, parte perchè è difficile il determinare il loro piccolo contenuto di zolfo, non si possiede la formola precisa della loro composizione. Si sa tuttavia che le proporzioni che hanno in peso sono in tutti e tre molto uniformi tanto da essersi ritenuti finora come identici. Le ulteriori investigazioni non confermarono questo concetto, lasciando quindi alle future indagini lo stabilire e diffinire l'intima loro costituzione chimica, ci limiteremo ad un cenno sulle proprietà loro comuni e la composizione.

Cento parti di questi corpi contengono in media 53 di carbonio, 7 d'idrogeno, 22 d'ossigeno e 16 d'azoto. Lo zolfo varia in ciascuna di 1 a 1 1|2 p. 0|0; quello che l'ha in quantità maggiore è l'albume delle uova, nel quale giunge a 1,7 fino a 2 p. 0|0.

196. — Le qualità chimiche dei corpi albuminoidi sono le

seguenti. Sono cristallizzabili, ma in istato umido si presentano come una massa bianca che col disseccamento assume un aspetto trasparente, corneo. Nelle piante e negli animali vengono originariamente disciolti nell'acqua, e quindi in istato liquido. Passano però per l'influenza dell'attività organica, o quella del calore, o nel mescolare la loro soluzioni con acidi deboli o coll'alcool ad uno stato d'insolubilità, tanto coll'acqua che coll'alcool, coll'etere, coi grassi.

Dai liscivii deboli vengono sciolti e deposti di nuovo, in parte immutati dagli acidi. Coll'acido cloridrico concentrato si sciolgono con un colore vivace bleu scuro. Anche il liquido acido dello stomaco opera col calore la loro lenta soluzione.

Lasciando questi corpi in istato liquido ad una decomposizione spontanea, cioè alla putrefazione, essa ha luogo con diffondere un odore straordinariamente putrido di carbonato ammoniacale, di ammoniuro di zolfo e di acido butirrico. È notabile che questi corpi determinano una decomposizione particolare dello zucchero in acido carbonico ed alcool, tosto ch'essi, nel momento della corruzione spontanea, vengono in contatto con una soluzione zuccherina.

I corpi albuminosi hanno poi una speciale importanza nella funzione della nutrizione, perciocchè le parti solide della carne, del sangue, del cervello e di altre sostanze animali sono in gran parte costituite da loro. Si considerano perciò come specialmente nutritivi quegli alimenti che sono ricchi di albumina, di fibrina, di caseina, cioè come i più accomodati alla formazione del sangue, della carne, ecc. dell'individuo che se ne ciba.

197. — 1° **Albumina** od **Albume**. — Quei succhi vegetabili ed animali che si coagulano col calore, contengono albumina. Contundendo e spremendo qualunque sostanza vegetabile verde e fresca, p. e., le nostre consuete verdure, si vede uscirne un succo verde, dal quale col riscaldamento si separa l'albumina. In quella occasione esso è colorito dal clorofillo (§ 187) che contiene, e da cui si libera col mezzo dell'alcool. Tagliando delle rape o delle patate e lasciandole per certo tempo nell'acqua, questa si prende l'albumina con sè, e colla bollitura la lascia poi deporre sotto l'aspetto di fiocchi bianchi. Ma in nessuna sostanza si trova in istato di maggior purità che nelle uova e nel sangue.

Questo liquido recentemente estratto, se si lascia alcun tempo in riposo, si divide in due parti, cioè in una parte solida che è il crassamento, ed una liquida che è il siero. Riscaldando quest'ultimo, l'albumina in esso contenuta si coagula tosto.

Le qualità essenziali dell'albumina sono: lo esistere nelle piante e negli animali in istato di soluzione, stato che perde appena sia riscaldata al punto della bollitura dell'acqua; il separarsene allora in forma di materia fioccosa e bianca non più solubile nell'acqua, essendosi convertita in albumina *coagulata;* il rivestire quindi altre sostanze contenute in quei liquidi, e il trasportarle seco, per modo che tutti i liquidi albuminosi servono mirabilmente a chiarificare i liquidi torbidi, massime nelle raffinerie dello zucchero (§ 185); finalmente l'essere precipitata da tutti i liquidi che la contengono mediante l'alcool e gli acidi.

In istato di secchezza l'albumina contiene 22 0[0 d'azoto e 59 0[0 di carbonio; si coagula quando è liquida a 50-55° R. quando non è impedita dalla presenza di alcali: viene precipitata dalle sue soluzioni per opera dell'alcool, degli acidi forti, del tannino e di molti sali metallici. L'albumina vegetabile si trova nelle semenze oleose e nei succhi delle piante.

198. 2° **Fibrina.** — Anche la fibrina come l'albumina si trova in istato liquido e solido. Le diverse masse costituenti le carni degli animali sono nulla più che fibrina solida. Sciolta si trova nel sangue e vi si depone mediante il raffreddamento in forma di coagulo, di *crassamento,* ed allora essa è di un colorito rosso che perde poi sotto la lavatura. La *fibrina vegetabile* si prepara col mettere la farina di frumento in un sacco, e ammollirla in acqua fresca finchè questa esce lattiginosa; perchè l'acqua s'appropria e porta via l'amido della farina e lascia residua una sostanza viscosa che chiamasi *glutine.* Allora levando da questo col mezzo di alcool bollente la parte solubile, che ha le proprietà principali del glutine, e che fece dare il nome a questo di *colla vegetabile,* rimane un residuo insolubile che dicesi *fibrina vegetabile,* la quale si comporta affatto come quella degli animali.

La fibrina contiene 15 0[0 d'azoto e 50 0[0 di carbonio.

199. **Caseina.** — Il latte è una mescolanza di grasso (butirro) e d'una soluzione di caseina in acqua, Riscaldando il latte possibilmente spogliato del suo burro, esso cuopresi d'una pellicola bianca che si rinnova quante volte venga levata, e che è costituita da caseina. Questa sostanza coagula al fuoco, ma non repentinamente come fa l'albumina, sì bene a poco a poco; la sua coagulazione si fa rapida se si versa sul liquido che la contiene qualche goccia d'un acido. Contundendo e schiacciando fave, piselli o qualunque altro legume, poi versando acqua sovr'essi, questa trascina seco la caseina, la quale, col riscaldamento dell'acqua, si separa

sotto l'aspetto d'una pellicola bianca somigliantissima alla caseina del latte.

La caseina contiene 15 0|0 di azoto e 54 0|0 di carbonio, costituendo la parte azotata del latte degli animali: quella che appartiene ai vegetabili è detta anche *legumina*, perchè si trova nei semi delle piante leguminose.

200. Diastasi. — Quando s'inumidisce l'orzo con acqua, esso comincia dopo qualche tempo a germogliare: l'orzo germogliato che i Tedeschi appellano *malz*, è diverso essenzialmente dal naturale, perchè, macinandolo coll'acqua e aggiungendo al liquido filtrato dell'alcool, esso depone la *diastasi* che è una mescolanza di albumina e di gomma. Questa sostanza si distingue per la proprietà che possiede in alto grado di convertire l'amido in gomma ed in zucchero, analogamente a ciò che (secondo il § 186) avviene cogli acidi.

L'orzo macerato (*mallo*) contiene perciò soltanto poco amido, stantechè il di più si è tutto convertito in gomma ed in zucchero, come si può riconoscerlo dal suo sapore dolcigno. Di questa proprietà della diastasi si fa uso per la preparazione dei liquidi zuccherini, per quella della birra, dell'acquavite e dell'aceto (V. *Preparazione della birra*, § 207).

201. Degli alimenti albuminosi. — L'esperienza ci ha insegnato che i cibi ricchi di una delle anzidette sostanze albuminose sono i più nutritivi: di tal sorta fra i notissimi annoveriamo le uova, il latte, le carni ed il pane. In tutti questi però oltre l'albumina sta contenuta altresì una sostanza non azotata sia grassa sia amidacea, come pure parecchi sali, nell'intervento di tutte le quali cose sta appunto la loro preziosa facoltà nutriente.

L'uovo consiste notoriamente di *albume* che contiene 84 0|0 di acqua e di *tuorlo:* quest'ultimo racchiude circa $^1/_6$ anch'esso di albumina e d'acqua, in cui nuotano goccioline d'olio fosforico ($^1/_3$); poi anche dei sali fosforici.

Il latte che ricaviamo dalle vacche consta in media delle proporzioni seguenti: 4-5 0|0 di burro, 4 0|0 di caseina, 4 0|0 di zucchero di latte, $^1/_2$ di sali; in totale 12 a 14 0|0 di parti solide; tutto il rimanente è acqua. Il latte fresco è in generale debolmente alcalino. Guardato col microscopio si riscontra che la sua qualità lattiginosa deriva da goccioline di grasso rivestite e chiuse da una membranella sottile, le quali nuotano in un liquido acquoso e si innalzano verso la superficie quando il liquido sta in riposo, e costituiscono la crema (panna, fior di latte). Quanto più è alto lo

strato cremoso, tanto è migliore il latte, talchè l'apparecchio qui disegnato (fig. 74) detto *misuratore del fior di latte*, basta per paragonare le varie specie di questo liquido, essendo diviso in 100 parti ciascuno dei cilindri. Collo sbattere il fior di latte si rompono le cellule delle goccioline, e nel raggrupparsi fra loro formano il *butirro*. La qual sostanza tiene imprigionato ancora del latte, che si decompone ben tosto e le comunica l'odore e il sapore rancido derivante dall'acido butirico e dal butirato di ammoniaca (§ 149). Il burro fresco bisogna adunque che sia ripetutamente sbattuto nell'acqua e dilavato, acciochè tutto il latte ne venga espulso e l'acqua non ne rimanga più tinta, se si vuole che duri lungamente, locchè si può anche ottenere coll'aggiungervi un po' di sale o di zucchero. Riscaldato per lungo tempo il burro lascia svaporare l'acqua, e le altre sostanze sue rimangono fuse insieme, avendosi così il *butirro fuso*, atto a conservarsi per tutto il corso dell'anno.

Fig. 74.

Riscaldando il butirro ed aggiungendovi poche goccie di acido, si coagula tosto la caseina, e si separa unitamente al grasso in forma di massa caseosa; e lo stesso accade col *quaglio*, che si ottiene col rammollire in acqua il ventricolo dei giovani vitelli tagliato a pezzi. Il liquido lattiginoso che si separa per tal modo dal latte, e che contiene dello zucchero, perciò detto appunto *siero dolce*, si lascia uscire dalla massa coagulata, colla quale si confezionano poscia, coll'aggiunta d'un po'di sale, i formaggi grassi tra cui, oltre lo svizzero, l'olandese e il chesterkise, sono da annoverarsi quelli di Lombardia conosciuti col nome di *parmeggiano*, e di *stracchino*.

Se si lascia il latte a se stesso, il suo zucchero si cambia in acido lattico (§ 158), che dà poi la caseina in coaguli grossi misti a latte acido; colla bollitura si separa allora il *siero acido* dalla caseina. Il latte dapprima spogliato dalla crema porge una massa coagulata che costituisce i formaggi magri. L'odore e il sapore del formaggio dipendono dai prodotti della caseina in parte decomposta, fra cui sono da notarsi gli acidi butirrico e valerianico.

202. Carne. — La carne è sostanzialmente composta di fibrina concreta nella quale sono ramificati tessuto cellulare, vasi e fibre nervose più o meno compenetrate con grasso. Trattata con acqua fredda che si riscaldi a poco a poco, si sciolgono la *creatina*, l'*acido lattico*, l'*albumina*, i *sali* e la *materia estrattiva*, e si forma il *brodo di carne*.

Continuando più a lungo la cottura nell'acqua, il residuo è una massa fibrosa, di gusto insipido e poco nutriente.

Posta immediatamente la carne in acqua bollente, se ne coagula l'albumina, e questa rende difficile l'estrazione dei componenti solubili; quindi la carne stessa rimane succosa, saporita, ma il brodo riesce meno ricco di principii nutritivi; arrostita poi ritiene la carne molto meglio in se stessa quei principii medesimi. Un brodo assai sostanzioso si ottiene da una carne tagliata a pezzetti, cotta lentamente con acqua prima fredda e spremuta per un pannilino.

La carne tagliata in pezzi sottili si dissecca facilmente e può essere ridotta in polvere; poscia rammollita nell'acqua calda essa somministra un eccellente nutrimento; rendesi così atta a conservarsi per viaggi di terra e di mare, massime per le spedizioni polari. Cospersa di sale, perde l'acqua in buona parte e con essa le sostanze solubili nutritive, formando una *salamoja*. Salata che sia è perciò meno nutriente della carne fresca; e lo stesso è a dirsi della affumicata.

203. — Il *pane* fu ritenuto così indispensabile in ogni tempo presso tutti i popoli inciviliti che divenne il nome antonomastico di tutti gli alimenti tanto nella lingua popolare quanto nella comune espressione dei nostri bisogni. Sebbene si trovino varietà molteplici nella forma e preparazione di esso, vi sono tuttavia delle condizioni comuni, quali sono, il servirsi della farina de' cereali, l'impastarla con acqua, e il cuocerla a gran calore e rapidamente. Il grano di frumento è composto di amido, di fibrina vegetabile di colla vegetabile, di fosfati salini, e di fibre legnose, le quali ultime appartengono più esclusivamente alla esterna corteccia, che sotto la macinatura costituisce la *crusca*. Dalla più o men perfetta estrazione di questa dall'interna sostanza farinosa dipendono le differenti qualità di farine, la loro finezza, bianchezza e facoltà nutritiva.

Quando la farina è imbevuta d'acqua in modo da diventare una pasta, comincia allora una parziale conversione dell'amido in gomma e zucchero; il quale ultimo nell'ulteriore processo dell'operazione per l'influenza dell'albumina fermenta, il che vuol dire, si de-

compone in alcool e in acido carbonico, tendenti a sprigionarsi allo stato di gas e di vapori, specialmente se la pasta si trova in un luogo caldo. Il suo carattere di tenacità, che proviene dal contenuto di colla vegetabile (§ 198) impedisce un siffatto svolgimento, e perciò la pasta medesima diventa spugnosa per le bolle d'aria che restanvi imprigionate e si gonfia, ciò che suol dirsi il *levar* della pasta. Nella cucinatura queste bolle d'aria si dilatano per effetto del calore, e danno al pane quel carattere spugnoso e soffice che tanto contribuisce alla sua digeribilità. Nel tempo stesso la farina d'amido si tramuta in parte in gomma, la quale all'esterno del pane posta in contatto col vapore acqueo si scioglie e gli fornisce la crosta lucente e liscia che vi si scorge.

In questa guisa adoperando la fabbricazione del pane sarebbe lenta; ma per affrettarla si adopera il *lievito* o la *feccia di birra* collo scopo di rendere più rapida la fermentazione preparatoria. Il primo è una pasta divenuta acida pel lungo riposo, in cui l'alcool è passato ad acido acetico; una parte di esso lievito messo nella pasta fresca del pane vi determina una rapida mutazione del suo amido in zucchero, alcool ed acido carbonico, ed una pronta *levata*. Nello stesso modo agisce la feccia di birra senza impartire al pane il gusto acescente che è comunicato più facilmente dal lievito. Alcune pasticcerie fine, come le ciambelle ed altre vengono ridotte spugnose con un aggiunta di carbonato di soda o di potassa.

La farina dei legumi, come sono fagiuoli e fave, è inetta a far pane, perchè sprovveduta di colla vegetabile, e perciò a divenire spugnosa; locchè si verifica eziandio per quanto spetta alla farina di patate e di riso.

La chimica organica ha prestato sovratutto in questi ultimi tempi importantissimi servigi alla fisiologia, e rivelato molti fenomeni relativi alla nutrizione degli animali e dell'uomo principalmente. Venne dimostrato per essa qual fosse anche il valore di una serie di esperienze istituite già in addietro sulla alimentazione degli animali, e riconosciuto che nessuno dei due gruppi di sostanze sovraccennate, cioè le non azotate, che hanno prevalenza di carbonio, e le azotate, per quanto sieno ricche di nitrogeno, bastano isolate a sostenere la vita.

Gli alimenti della prima specie che furono anche denominati *respiratorii*, quali sono l'amido, le gomme, lo zucchero, produssero la morte di cani sottoposti alla esclusiva pastura con essi, dopo 30 giorni o poco più. I cani dimagrivano progressivamente dalla seconda settimana in poi, l'appetito scemava, la cornea

dei loro occhi si esulcerava, e il peso dei loro muscoli dopo la morte mostrava essere diminuito di ben 5/6.

Lo stesso risultamento si ebbero le esperienze fatte col gruppo esclusivo delle sostanze *azotate*, o come anche sono denominate, *plastiche*. Gli animali stessi nutriti con sola albumina, fibrina o colla, morivano in capo a tre mesi.

Ognuno conosce la storia dell'Inglese Stark, il quale per 45 giorni si nutrì costantemente di pane ed acqua in dose crescente di 20-38 oncie, e perdette 4 kil. di peso del corpo: poscia per 4 settimane essendosi pasciuto di solo pane e zucchero, e successivamente per altre tre di pane ed olio d'oliva, finì col perdere la vita per diarrea e progressivo marasmo, malgrado che nel pane si contenga un certo grado di principii azotati.

Nè qui si limitano le osservazioni su questa importante materia. Si riconobbe la necessità pur anco di alternare le sostanze alimentari della stessa classe, dacchè la costante consuetudine d'una sola, genera avversione e nausea, indizio evidente che mancano in essa gli elementi molteplici di cui è mestieri per mantenere la robustezza e la prestanza del corpo.

Per quanto sia dimostrato che il regno vegetabile possiede una certa dovizia di sostanze contenenti le due anzidette qualità di elementi, è però provato altresì che l'albumina vegetabile non è identica all'albumina animale, e che dovendosi limitare un corpo umano al godimento di quella, abbisogna d'una quantità di essa molto maggiore per sopperire al consumo cotidiano. Perciocchè essendo quell'albumina contenuta in buccie e cellule, che non hanno alcuna facoltà nutritiva, rimane un troppo gran cumulo di così detto *capo morto* per intestini che han dimensioni come quelli dell'uomo. Le sostanze vegetabili sono perciò opportune soltanto agli animali dotati di tubo intestinale più lungo e più vasto, cosicchè nel lungo tragitto che esse devono compiere, possa da quello venir estratto tutto ciò che contengono di assimilabile.

Per la qual cosa il consumo per parte dell'uomo di alimenti di questa specie sarebbe enorme ove non si mescolassero a' medesimi anche delle materie animali: ed i popoli che si dicono cibarsi unicamente, p. e., di patate, fanno uso contemporaneamente di latte e formaggi, quelli che mangiano riso (Indiani orientali), lo condiscono però con carni, pesci ed erbaggi, e usano piccola quantità d'acqua. Per converso quelli che si cibano quasi esclusivamente di materie animali, consumano grandi dosi di grasso,

come provano i popoli dei climi gelati (Esquimesi), necessario a fornire i principii respiratorii pel loro organismo.

Dato per giusto il calcolo fatto, che un uomo consumi giornalmente la 20ª parte di peso del suo corpo in sostanze alimentari, per conservarsi prestante e robusto in età adulta, ne viene che un tale individuo che pesi in media 65 chilogrammi deve consumare presso a poco 3 chilogrammi e 1/4 d'alimento misto, distribuito per modo, che detratta l'acqua, la quale certo costituisce una buona parte di questo peso, rimarrebbero circa 650 grammi di sostanze solide asciutte. La proporzione varia per certo secondo le occupazioni e fatiche della persona, secondo il sesso, il clima, la stagione, l'età e lo stato di salute che gode.

Ammesso in media l'anzidetto peso del corpo, secondo i calcoli di Vierordt l'uomo perde giornalmente in media circa 262,80 grammi di carbonio nelle sue escrezioni, e circa 17,50 grammi di azoto; le quali quantità devono essere risarcite col mezzo degli alimenti.

Prendendo il pane come tipo degli alimenti non azotati, e la carne come tipo degli azotati, si avrebbero dalle analisi di Payen i risultamenti che seguono:

Il pane contiene 30 °/o di carbonio, 1 °/o d'azoto; la carne, priva di ossa e di grasso, contiene 12 °/o di carbonio, 3 °/o d'azoto. Quindi per nutrirsi di *solo* pane l'uomo a riparo delle perdite giornaliere abbisognerebbe almeno di 2 chil. di pane in 24 ore; o nel caso che avesse a cibarsi di *sola* carne, gliene sarebbe necessaria la enorme dose di quasi due chil. e 320 gr., perciocchè la prima di queste alimentazioni darebbe appena la sufficiente misura di azoto per equilibrare le sue perdite, la seconda appena quella del carbonio ch'esso consuma.

Ora fatto il debito calcolo delle sue perdite giornaliere si scorge da questi computi come l'uomo che godesse di queste due specie di cibo, nelle proporzioni seguenti:

Chil. 0,860 pane — contenente . .	Carbonio gr.	227,76 =	Azoto	7,35
» 0,375 carne »	»	36,50 =	»	10,50
Chil. 1,235 alimenti solidi introdurebbe	Carbonio gr.	264,26 =	Azoto	17,85

Codeste cifre rispondono in modo molto approssimativo alle perdite sopraccennate.

Si scorge dalle osservazioni fatte quanta copia di riso, di patate, p. e., può servire per giornaliera porzione ad un individuo

per raggiungere quel totale di chil. 1,235. Di riso, p. e., occorrerebbero 730 gr. per parificare il bisogno di carbonio, chilogrammi 1,942 per quello d'azoto. Rispetto alle patate per quanto riguarda la quantità di carbonio occorrente, sarebbero necessarii oltre a 3 chil.; per quella dell'azoto chil. 4,675. Così si avrebbe da queste due sostanze usate esclusivamente un eccesso straordinario d'uno de' due principii, per poter parificare il consumo che il corpo fa giornalmente dell'altro.

Questa è una prova evidente della necessità di ricorrere ad un vitto misto, il quale possa dentro ai dati limiti della digestione presentare la quantità richiesta dalla natura per mantenere l'equilibrio del corpo sotto le cotidiane perdite di carbonio e di azoto necessarii alla umana esistenza.

A compiere queste chimiche notizie apponiamo qui sotto un saggio del valore nutritivo di alcune delle sostanze più usate per alimento, colle relative proporzioni per % di carbonio e di azoto.

Carne di bue senza ossa e grasso	Carbonio	12	Azoto	3
» di castrato	»	16	»	4
» di porco	»	16	»	3
Lardo di maiale fresco	»	15	»	1,8
Uova (a gram. 44)	»	15	»	1,9
Latte	»	6	»	0,7
Formaggio	»	19	»	4,9
Segala	»	37	»	1,6
Pane di segala	»	19	»	1,9
Farina di frumento	»	35	»	2,1
Pane »	»	24	»	1,3
Orzo	»	31	»	1,6
Mais	»	37	»	1,6
Avena	»	34	»	1,9
Riso	»	36	»	0,9
Piselli freschi e verdi	»	36	»	3,6
» maturi	»	35	»	3,3
Fave	»	34	»	3,4
Fagiuoli	»	38	»	4,0
Mele e pera	»	5	»	—
Patate bianche	»	8,5	»	0,4
» scure, bleu	»	6,4	»	0,3
Carote	»	5,7	»	0,2
Cavol-rapa	»	0,6	»	0,3

Prodotti
di decomposizione delle combinazioni organiche.

204. — Da tutto ciò che si è detto fin qui abbiamo appreso come il corpo d'una pianta o d'un animale sia un accumulamento di diverse sostanze speciali le quali si conoscono tanto per le loro proprietà, quanto per la loro chimica composizione. Così la massa principale del corpo degli animali consiste di fibrina, di tessuti colloidi, d'albumina e grasso, astrazione fatta dal fosfato calcareo, che è il componente solido delle ossa. La massa d'una pianta è costituita di fibre legnose, clorofillo, albumina, gomma, amido, olio ecc., indi è particolarmente da notarsi che la maggior parte di queste sostanze contenute negli animali e nei vegetabili sono compenetrate dall'acqua o sciolte in essa come, p. e., la fibrina del muscolo. Perlocchè l'acqua è da considerarsi come un componente primario di questi corpi. Sappiamo altresì che il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno, l'azoto e lo zolfo sono gli elementi onde essi sono costituiti, e che tali elementi si offrono in uno stato di molecole molto composte.

Il corpo de' vegetabili e degli animali è una fabbrica adunque mirabilmente costrutta di sostanze molteplici, le quali si mantengono in quello stato in cui sono finchè l'alito vitale domina nel corpo, e colla sua forza eccitante preserva l'edificio dalla intima sua decomposizione e dall'azione distruttiva delle cause estrinseche ad esso. Ma dal momento in cui questo misterioso alito, questo spirito più non agisce sul corpo, i principii costituenti di esso seguono le leggi naturali e comuni delle chimiche affinità. Quelle molecole composte non possono rimanere tali quali erano prima; si scompongono invece e i loro atomi si coordinano in condizioni più semplici, che diventano prodotti di decomposizione. Ma non è il solo artificiale interno ordinamento che produca lo sfascio dell'edificio; vi concorrono altresì l'ossigeno che circonda quei corpi, e l'acqua sparsa nell'atmosfera, principii che danno la scossa più potente e l'impulso diretto al cominciato disfacimento. Più rapido esso comincia e finisce sotto la crescente influenza del calore. Se si sottrae in queste congiunture l'azione dell'aria, si

ha la degenerazione per *distillazione asciutta, od a secco;* se ha luogo in combinazioni più semplici sotto una temperatura ordinaria, e sotto l'influenza dell'aria e dell'acqua, si ha la *decomposizione spontanea.*

È cosa evidente che tutti i prodotti che si svolgono dallo scomporsi de' corpi organici devono essere composti in modo più semplice di questi medesimi; che essi possono contenere soltanto quelle sostanze semplici che noi troviamo nei corpi organici, e che la somma dei loro pesi non può superare quello del corpo decomposto se non allora che entrarono a congiungersi con esse l'ossigeno e l'acqua venuta dal di fuori.

1. Decomposizione spontanea.

205. — Lo sciogliersi de' corpi organici in combinazioni chimiche più semplici alla ordinaria temperatura, è ciò che diremmo costituire la decomposizione spontanea. Ma in certe circostanze essa prende altro nome. Se un corpo conteneva dello zucchero, che per azione della feccia si converte in acido carbonico ed alcool, la chiameremo *fermentazione.* Diremo *corruzione* quella che è accompagnata da svolgimento di prodotti puzzolenti; *dissoluzione* quando nasce per l'alternativa influenza dell'ossigeno dell'aria, della luce e dell'acqua e *putrefazione* allorchè il corpo organico è sottoposto alla azione più moderata di queste tre influenze diverse.

206. Fermentazione. — Siamo soliti intendere con questo vocabolo la decomposizione dei liquidi zuccherini accompagnata da svolgimento di alcool; ma ai giorni nostri si designa con esso una serie di fenomeni di decomposizione che concordano in ciò che un particolar corpo detto *fermento* agisce come materiale di fermentazione, senza esternare una chimica affinità e senza che prenda parte ai prodotti che si svolgono dal lavoro della fermentazione medesima. Basta anzi una piccola quantità di esso per decomporre una proporzionatamente grande quantità di materiale. Il fermento stesso soffre durante quel processo uno scomponimento, e quando quello è finito perde la sua facoltà eccitante. Il decorso della operazione ed i suoi prodotti sono svariati secondo la natura del materiale, dell'occitatore e della temperatura; così p. e. lo zucchero si scompone colla feccia a 5 fino a 20° C. in alcool ed acido carbonico; col formaggio putrescente a 35° C. in acido lattico, butirrico e valerianico. Non si può spie-

gare il processo della fermentazione, come non si può spiegare l'azione chimica della luce o l'influenza del caglio sul latte.

La fermentazione comune, detta più specialmente *spiritosa* ha luogo in tutti i succhi zuccherini delle piante, come in quello delle uve, delle frutta, della canna di zucchero, delle barbabietole nella cottura dell'orzo germogliato, il quale oltre allo zucchero contiene una sostanza azotica, cioè generalmente albumina e fibrina vegetabile. Tostochè un liquido sì fatto è esposto all'aria nasce subito un cambiamento nella sua materia azotata, la quale assorbe l'ossigeno, e si separa a poco a poco in forma di un precipitato bruno, che appellasi *feccia*. Nel tempo stesso comincia la decomposizione dello zucchero d'uva contenuto in quei liquidi, in alcool ed acido carbonico. Il liquido assume un odore spiritoso, mentre l'acido carbonico, che s'innalza da per tutto in bollicine, produce lo spumeggiare e il montare del liquido, che dinota e dimostra lo stato di fermentazione.

La decomposizione si può rappresentare colle formole di quelle sostanze:

1 Equiv. di zucchero d'uva anidro $= C_{12}H_{12}O_{12}$ si decompone in
2 » di alcool . . . . $= C_8 H_{12}O_4$ ed in

4 » acido carbonico . . . $= C_4 \quad O_8$

La fermentazione ha raggiunto il suo compimento quando tutto lo zucchero del liquido è convertito in alcool. Devesi avvertire, che in quella dello zucchero in canna questo, per l'aggiunta dell'acqua, si tramuta da prima in zucchero d'uva, dopo di che principia l'ulteriore decomposizione.

La feccia che si precipita al fondo possiede la proprietà di scomporre una nuova quantità di zucchero che venga posta in contatto con essa, e ne abbisogna anzi una quantità minore per far fermentare una gran copia di zucchero. Finalmente però anche la feccia perde questa sua proprietà eccitante, perchè finisce essa stessa col decomporsi in modo speciale. Se il fluido fermentante era ricco di materie azotate, come suole esserlo specialmente l'estratto dell'orzo de' birrai, ha luogo anche una nuova produzione ed un aumento di feccia. Col microscopio si scopre che questa feccia è costituita da vescichette membranacee minute piene d'un contenuto liquido, le quali gettano germogli che si ingrossano, e si aumentano rapidamente, come suolsi osservare in alcuni funghi microscopici.

La fermentazione dei liquidi zuccherini non ha luogo in tutte le circostanze. È a ciò necessario un contatto almeno incipiente dell'aria, come pure una temperatura di 20° - 30° C., perchè sotto i 10° C. non si effettuerebbe. Diverse sostanze altresì impediscono la decomposizione, se sono aggiunte in piccola quantità alle materie fermentabili, quali sarebbero l'olio volatile del seme di senape, l'acido solforoso e il nitroso. La feccia perde la sua forza eccitatrice quando è disseccata o riscaldata a 100° C., o mescolata con alcool, con acidi o con alcali. La così detta *feccia artificiale* è preparata lasciando per varii giorni una pasta d'orzo tenace ad un calore moderato, finchè acquisti un odore vinoso.

207. — Le *bevande spiritose* sono tutte prodotti di fermentazione di liquidi zuccherini che si preparano con successiva distillazione, come l'alcool e le varie specie di acquavite, od anche senza distillazione, come il vino e la birra.

I liquidi distillati contengono naturalmente soltanto de' principii volatili, anzi di solito una quantità di spirito, ed acqua. Quelli prodotti da diverse sostanze vegetabili possiedono in generale un sapore particolare più o meno piacevole. La ragione di ciò si è, che durante la fermentazione di quelle sostanze si formano degli olii volatili od eteri particolari, dotati d'un odore specifico che comunicano all'alcool. Di qui prendono quel loro odore e sapore tutto proprio l'acquavite di patate e di frumento (§ 169 e 172). Il *rhum* si estrae dal siroppo dello zucchero di canna, l'*arak* dal riso fermentato e perfino dallo zucchero di latte col quale i popoli delle steppe degli altipiani dell'Asia preparano un liquore inebbriante.

Siccome l'amido col mezzo dell'acido solforico, o per diastasi (§ 200) si converte in zucchero, così le piante amilacee sono appunto quelle che servono alla preparazione dell'acquavite. I cereali ovvero le patate cotte si uniscono all'orzo germogliato entro recipienti fermentatorli e mescolati con acqua perchè s'ammolliscano affine di ottenere la massa fermentata (*Maische*) che poi si distilla.

Il *vino* contiene, secondo la quantità dello zucchero d'uva propria dei grappoli da cui si ricava, una copia variabile di alcoole. Mentre il consueto vino di Germania ne ha soltanto 8 - 10 0|0, il più forte fra quelli del Reno da 12 - 14 0|0, si trova invece che quello della Francia meridionale, della Spagna e del Portogallo, dell'Italia e specialmente della Sicilia e Sardegna ne contiene il 18 e il 20 0|0. Oltre ad alcool il vino contiene altri principii del succo delle uve solubili in questo liquido spiritoso, quali sono le materie

coloranti, il tartaro (§ 160), di cui è principalmente fornito il vino del Reno, che acquista perciò quel suo speciale sapore acidetto; inoltre dello zucchero, abbondante in ispecialità in certi vini meridionali. L'odore del vino, tutto suo proprio per quanto sia leggero, proviene dall'*etere enantico* (§ 169); quello che i Francesi dicono *bouquet*, che non si trova fuori che nei vini fini e in particolare in quelli del Reno, si deve ascrivere ad una od all'altra delle specie di eteri esposte al § 172. Alcuni vini rossi, come p. e. il Bordeaux, contengono oltre la materia colorante dell'acido tannico che loro comparte un gusto un poco astringente.

La *birra* si prepara facendo cuocer l'orzo germogliato (Malz) nell'acqua entro recipienti appositi, facendo bollire il liquido dolce che ne sorte (Würze), ed aggiungendovi un po' di *luppolo*, dopo di che si mette in un tinozzo di legno affinchè si raffreddi. Raffreddato che sia si fa passare in un tinozzo aperto di sopra ove subisce una lenta fermentazione a 5°-10° C., durante la quale il residuo zucchero si converte in alcool: indi si chiude come birra giovane in recipienti ristoppati col sovero. La birra preparata con questo processo è bruna, e più o meno amara; la feccia che si separa da essa si raccoglie sul fondo del barile ed è tutta composta di cellule.

La birra bianca, trasparente, non amara, già affatto fermentata, più ch'altra prediletta nell'alta Germania si ottiene con una rapida fermentazione a 12°-19° C. del liquido non fornito di luppolo. In questo caso la feccia è portata alla superficie dal rapido e tumultuoso svolgimento d'acido carbonico; col microscopio vedesi costituita da filamenti ramificati di cellule del fermento.

I componenti della birra, oltre l'acqua, sono 4-5 p. 0|0 di spirito, zucchero, gomma che le partecipa una consistenza attaccaticcia, una sostanza amara che le proviene dal luppolo, ed acido carbonico, causa della sua effervescenza. Non contiene materia azotata e perciò non può dirsi nutritiva come le altre sostanze che appartengono a quella classe (§ 195). È da osservarsi a questo riguardo che esiste in essa una certa quantità di fosfati salini. La birra si inacidisce facilmente, perchè il suo alcool si tramuta in aceto tanto più prontamente quant'essa è più debole. L'acidificarsi viene ritardato dalla materia amara e dall'olio etereo del luppolo, ond'è che quella che lo contiene è più durevole della birra dolce. Ma per la sua conservazione giova sopratutto custodirla in cantine che d'estate abbiano la temperatura non più che di 8 - 10 gradi.

208. — La *fermentazione acida* è cagionata dal tramutarsi dell alcool in acido acetico per opera dell'ossigeno dell'aria. Con 1 equivalente di alcool = $C_4H_6O_2$, si combinano 3 equivalenti d'ossigeno, e formano 2 (HO) ossia acqua e acido acetico $C_4H_4O_3$; la qual cosa succede in grande nelle fabbriche d'aceto, quando i liquidi contenenti alcool si espongono all'azione dell'aria ad una temperatura di 28° fino a 35° C. A quest'uopo possono prestarsi materie svariatissime, che derivano dal vino e dalla preparazione della birra, come la vinaccia ecc. In generale si fa uso d'un liquido birroso (Maische, § 207) che si lascia in vasi non perfettamente chiusi, se occorre anche riscaldato in ambienti speciali, in cui si riconosce la sua completa formazione dall'essersi chiarificato con deporre il suo materiale intorbidante.

È facile il trasformare l'alcool in aceto, ogniqualvolta si metta dell'acquavite con piallature di legno entro ad un tino, e che si rinnovino spesse volte. Mentre l'alcool si distribuisce su quei truccioli, e scola adagio, viene in contatto con molto ossigeno. Questo processo si dice dell'*aceto accelerato*. L'aceto del commercio contiene 2 - 3 0|0 d'acido acetico; mentre il più forte tratto dal vino, e denominato perciò *spirito d'aceto*, ne ha fino al 10 0|0. Non di rado l'aceto è falsificato coll'acido solforico, ma si può scoprire la frode col metterne alquanto in una sottocoppa con un poco di zucchero, sciogliervelo, e svaporarlo a lento fuoco. Se vi è acido solforico esso resta addietro, e decompone lo zucchero in una massa nera.

209. — **La corruzione** o **putrefazione** dà luogo certamente a prodotti meno confortevoli dei precedenti. Anche qui dobbiamo risovvenirci delle sostanze semplici di cui sono costituiti i corpi animali e vegetabili, se vogliamo farci una giusta idea dei residui della corruzione loro, i quali non sono in tutte le circostanze gli stessi, ma variano ragguardevolmente secondo che la corruzione si produce a temperatura bassa e colla presenza dell'acqua, ovvero a temperatura alquanto più elevata e senza umidità. Inoltre i corpi animali somministrano, per causa dello zolfo e dell'azoto che contengono, certi prodotti assai più in abbondanza che non facciano i vegetabili meno ricchi di quelle sostanze. In generale si può ammettere che dallo imputridimento a temperatura bassa nascono a preferenza prodotti idrogenati, da quello a calore più elevato o sotto l'influenza dell'acqua gli ossigenati. La tabella seguente metterà in chiaro queste due forme diverse.

Non bisogna credere tuttavia che in tali casi si generino esclusi-

vamente i prodotti quali sono posti a raffronto nella tabella e che serbino sempre lo stesso modo, mentre anzi quelli di una serie appaiono più o meno subordinati a quelli dell'altra, secondo una moltiplicità di circostanze. Sovente in sul principio della corruzione, quando vi è ancora molta acqua presente si manifestano di più i primi, e sul finire i secondi, o quei primi passano a combinazioni ossigenate in sul terminar del processo. Si combinano oltrecciò i prodotti che si svolgono fra loro, formandone altri più composti, come, p. e., carbonato e nitrato di ammoniaca, idrosolfuro d'ammoniaca ecc.

Prodotti di putrefazione delle piante e degli animali.

Colla presenza di molte acque ed a bassa temperatura		*Colla presenza di poca acqua e ad alta temperatura*	
Acqua	HO	Acqua	HO
Idro-carbonio (mefite) .	C_2H_4	Acido carbonico . . .	CO_2
Idro-solfuro	SH	» solforico . . .	SO_3
Idro-fosfuro	PH_3	» fosforico . . .	PO_5
Ammoniaca	NH_3	» nitrico	NO_5
x (OCSPNH)		x (HCSPNO)	

Di grande influenza su codesti prodotti della putrefazione spontanea è altresì l'ambiente in cui si trovano le sostanze che a quella vanno soggette. Se esso contiene delle forti basi quali, p. e., la calce o la potassa, si avranno a preferenza degli acidi che si combineranno con esse. Questo è ciò che avviene appunto nella produzione dell'acido nitrico (§ 74).

Tutti i prodotti sopraccennati di corruzione si trovano nei concimai e nelle latrine, e prestano un grande ed utile aiuto alla vegetazione delle piante. Però come queste combinazioni sono senza eccezione tutte volatili, così vanno la più gran parte perdute. Si è perciò procurato coll'aggiungervi delle basi acconcie, quali sono la calce, la creta, il gesso, il vitriolo di ferro ed alcuni acidi, principalmente il solforico, di fissare quegli acidi e quelle basi volatili sovra corpi non volatili, di combinarveli e trattenerli nei detti concimi.

210. — La putrefazione viene impedita coll'allontanare l'influenza dell'acqua e dell'aria, o con una bassa temperatura. Tutte

le materie animali e vegetabili bene disseccate non vanno soggette a putrefarsi. La disseccazione si effettua o all'aria o col calore artificiale, o con un qualche corpo che tolga a quelle sostanze l'acqua per effetto di grande affinità che abbia per essa. Uno di questi corpi si è il sal comune o lo zucchero, e poggia su questa base l'industria del salare e del confettare. Lo spirito di vino pure agisce in questo modo stesso sugli oggetti che vi si immergono dentro.

Se si mettono della carne o dei cibi preparati, del latte, degli erbaggi in quantità entro vasi di latta, che poi vengano riempiuti d'acqua calda, e chiusi con un coperchio saldato fino a tenuta perfetta d'aria, poscia si fanno riscaldare in acqua bollente, si possono conservare immutati per anni interi. Questo processo immaginato da Appert viene seguito in fatto per la conservazione di cibi durante i viaggi di mare, o per averli freschi durante l'inverno. Esso si fonda sulla esclusione perfetta dell'ossigeno atmosferico. Le così dette *verdure compresse* che oggidì sono in grandi proporzioni oggetto di fabbricazione, non sono già preparate in tal guisa colla compressione, come impropriamente il nome indicherebbe; ma sì bene col tagliare a pezzetti e col disseccare a bassa temperatura e rapidamente sotto una libera e continua corrente d'aria i vegetabili a ciò accomodati, come sono i fagiuoletti, i piselli, i cavoli, le carote, le frutta. Certamente perdono alquanto in sapore e in altri caratteri fisici, perchè specialmente le sostanze albuminose solubili bisogna che con questo mezzo passino ad uno stato d'insolubilità.

In Siberia si è trovato un *mammuth*, animale simile all'elefante, la cui specie più non esiste nella serie zoologica de' nostri tempi, il quale era inviluppato nel ghiaccio. Sovra esso esistevano la pelle, i peli, la carne perfettamente conservata in guisa che quest'ultima è stata mangiata dai cani. Questo animale dev'essere rimasto migliaia d'anni in questo stato, una prova meravigliosa del fatto, che il freddo non permette la corruzione.

Alcune materie che impediscono la fermentazione impediscono o ritardano anche la corruzione, come sono l'olio volatile di senape, il creosoto e specialmente l'aceto pirolegnoso, quindi anche l'arsenico, il sublimato ed altre molte. La preparazione delle mummie e la imbalsamazione han il loro fondamento nel possibilmente perfetto disseccamento del cadavere e nell'applicazione delle suddette sostanze antiputride.

211. Carbonizzazione lenta. — I residui delle piante e sovratutto del legno, dei rami, delle radici, del musco ecc., quando sono sottoposti alla decomposizione spontanea con un imperfetto, o totalmente impedito accesso dell'aria e dell'acqua, danno luogo alla lenta eliminazione dell'ossigeno e dell'idrogeno allo stato d'acido carbonico, d'acqua e carburo d'idrogeno (mefite), dalla massa loro, lasciando il residuo sempre più sopracarico di carbonio. Ciò si conosce non solo pel colore di quegli oggetti, che diventa sempre più scuro, quanto più la decomposizione procede, ma sì anche per mezzo delle chimiche indagini. I prodotti che ne derivano sono il *terriccio* (terra di legno infracidito) il *fracidume*, la *melma*, la *torba*, la *lignite*, il *carbon fossile*, corpi tutti distinti dal solo grado della carbonizzazione, ultimo de' quali è appunto il carbon fossile anzidetto.

Nel fondo del terreno comune esiste sempre una gran massa di questi resti di piante a mezzo decomposte che noi sogliamo chiamare *terra vegetabile* od *humus* e che si distingue pel colore più oscuro, talvolta perfino nero, che manca al sottostante strato non coltivato.

Come conseguenza del lento disfacimento delle materie vegetabili si trova un così gran deposito di prodotti carbonici ammassati in forme diverse, che noi possiamo trarne il vantaggio di servirsene da combustibile. Infatti tutta la gran quantità di materia legnosa che si trova sulla superficie della terra, e che vi cresce annualmente non basterebbe a pezza ad appagare i bisogni dell'uomo se non si aggiungessero tesori nascosti di masse carbonose accumulate da migliaia di secoli. Stante l'importanza che ha il materiale combustibile per l'intera nostra esistenza, non sarà fuori di luogo di farne oggetto di speciale considerazione.

211. — La *torba* è per certo la più recente delle strutture carbonose che appaia del continuo sotto i nostri occhi. Essa deve la sua origine specialmente ad una pianta inavvertita, il *musco torboso* (*sphagnum*) che si estende predominante sulle paludose torbiere. Intantochè la parte inferiore di questo musco muore, se ne forma di sopra un altro strato, che nell'anno successivo muore del pari e si sovrappone all'antico, per essere con pari vicenda sostituito da un nuovo, aumentando così d'anno in anno lo spessore dello strato carbonico, fino a raggiungere in un secolo una ragguardevole profondità. Con questo continuo procedimento la carbonizzazione si fa sempre più perfetta, gli strati profondi diventano sempre più ricchi di carbonio, più neri, e più densi per la pressione esercitatavi dai sovrastanti.

Perciò appunto la torba migliore è la più antica, il cui più nero aspetto unito alla maggiore pesantezza lascierebbe a primo tratto dubitare della sua derivazione da corpi vegetabili. La torba più giovane è bruna, porosa, composta al modo d'una intrecciatura di stipiti di musco, che la rendono facilmente riconoscibile per quello che è in fatto, vale a dire per un agglomeramento di quelle, e di altri stipiti e radici che si trovano sul fondo torboso.

Dipende da particolari circostanze che la torba contenga più o meno di miscuglio terroso. Se in alcune qualità ve n'è appena traccia, in altre all'incontro questo costituisce perfino il 30-50 p.%. In tali condizioni non è il peso specifico maggiore il miglior segno della sua bontà: per giudicarla a dovere bisogna attenersi al suo conteuuto di cenere.

213. — La formazione della *lignite* appartiene ad un'epoca in cui la specie umana non ha ricordi della propria esistenza, sebbene essa l'abbia immediatamente preceduta. Delle boscaglie più o men grandi sono state coperte o a poco a poco, o d'improvviso dalla terra che sovra di loro si è stratificata mutandone l'apparenza. Secondo le diverse circostanze che influirono sui cangiamenti sofferti, la lignite presenta la singolare trasformazione dall'aspetto perfettamente legnoso fino a quello di carbon fossile. Si trovano tronchi con nodi legnosi chiaramente distinti con semi, foglie, corteccia, mentre altri carboni di questa specie terrosi, neri e densi, non lasciano per nulla conoscere la loro origine vegetabile. In generale regna in questo carbone il colore bruno da cui ha preso il suo nome (*braunkoke*) ed una densità considerevole prodotta dalla pressione della terra. Si danno dei tronchi, che dalla originaria forma cilindrica sono passati a quella di colonne elittiche, od anche del tutto appianate. Esso è un eccellente materiale di combustione, che però spesse volte ha per compagno nocivo del *solfuro di ferro*.

214. — Il *carbon fossile* secondo la storia della sua origine appartiene ad un periodo molto più antico. È indubitato che esso pure è un risultato di sostanze vegetabili e più particolarmente di tronchi, i quali però per effetto della pressione e del tempo hanno sofferto tanta trasformazione, che fino a quest'ultimi anni si mantenne l'idea che non avesse neppure una origine vegetabile. In parte parla a favore di quest'ultima la circostanza, che già nella stessa torba e nella lignite si può seguire chiaramente il passaggio alla vera forma carbonosa, e oltrecciò il fatto, che da per tutto si sono trovati in compagnia del carbon fossile resti

di piante d'ogni specie, e tronchi d'alberi perfettamente riconoscibili.

Lo stesso microscopio in molti pezzi di carbon fossile affatto denso lascia vedere la struttura cellulosa de' vegetabili.

Rimane ora soltanto difficile a spiegare la enorme quantità di masse di carbone che si presentano in istrati della profondità di molti metri, alla cui formazione certamente abbisognarono sterminate quantità di legna e molte migliaia di anni.

Il carbon fossile è denso, nero e lucente, ha un peso specifico =1,3, e raffrontato alla densità del legno e del carbone di legno dimostra chiaramente che in egual volume contiene una grandemente maggiore quantità di parti utili nella combustione. Perciò appunto è un materiale prezioso per quest'uso, un po' più difficile in vero a prender fuoco per l'accennata sua densità, e richiedente un maggior consumo d'ossigeno, e una corrente d'aria più forte di quella che sarebbe necessaria al carbone ordinario.

Ciò non di meno non dobbiamo riguardare il carbon fossile come pretto carbonio; in quantochè contiene sempre anche dell'ossigeno, dell'idrogeno, e circa 1-2 % di azoto; oltre a qualche sostanza minerale, fra cui è notevole lo zolfo unito col ferro.

Nella formazione del carbon fossile si effettuò manifestamente soltanto una carbonizzazione incompleta. Questa non può aver luogo se non coll'arderlo di nuovo come si suol fare del carbone artificiale, e con ciò si ha un altro vantaggio, cioè di allontanare lo zolfo, che riesce pur tanto nocivo nell'accensione del fossile. Questa operazione si denomina *riduzione a coke*, o *arso*, nome questo che il prodotto assume, quando spoglio di altri eterogenei principii, tranne le sostanze minerali che gli danno maggior densità, resta carbonio puro, e conseguentemente il combustibile più stimato come quello che in ispazio minore tramanda il massimo calore. Per la qual cosa appunto viene adoperato nel riscaldamento delle locomotive. L'arso ha uno splendore grigio, quasi metallico, aspetto simile alla scoria, una densità bastante a renderlo sonoro.

Il carbon fossile trovasi in differentissime forme, e d'una composizione e bontà inuguali, come si vedrà nella *tabella* più sotto. È cosa chiara che è tanto meno pregiato quanto più contiene di sostanze minerali incombustibili. Riguardo al modo di comportarsi al fuoco le diverse specie di carbon fossile polverizzato presentano alcune diversità: o si gonfia e si arrostisce unito in un pezzo, per cui prende il nome cotesto modo di carbonizzarsi di *arrostimento*;

diventa così opportuno per le fucine de' fabbri-ferrai e per le illuminazioni a gas, ovvero la polvere del carbone si coagula insieme e attacca ciò che forma il *carbone agglutinato* intantochè la così detta *carbonizzazione polverosa* è propria a quello che rimane polverulento; e questo è il meno apprezzato.

Una delle migliori specie di carbon fossile è quella che ci proviene dall'Inghilterra col nome di *carbone candela* (*cannel-coal*) e *compatto* che abbrucia con fiamma chiarissima. Questa proprietà, nonchè la sua applicazione alla preparazione del gas luce, deriva dal contenuto *idrogeno*.

215. — Dopo aver parlato del legno, della torba, della lignite, del carbon fossile, possiamo gettare uno sguardo sul valore di queste sostanze come materie di combustione.

I nostri mezzi artificiali di riscaldamento si appoggiano tutti alla combinazione del carbonio o dell'idrogeno coll'ossigeno durante la loro accensione.

In peso eguale torna perciò più pregevole come combustibile quello fra i corpi accennati il quale possiede la quantità maggiore di carbonio e d'idrogeno in istato di non ossidazione. In 50 chil. di legna verde non si comperano che 10 chil. di carbone, mentre che in altrettanti di legna secca se ne hanno 20. In masse uguali è da preferirsi quel combustibile che ha più copia di carbonio e d'idrogeno e possiede la densità maggiore.

Il calore somministrato dalle sostanze combustibili dipende affatto dalla loro maniera di combustione; stantechè uguali pesi di carbone in identiche circostanze quando siano combuste compiutamente danno uguali quantità di calore. Una combustione completa si dice però quella in cui nessuna parte del materiale sfugge al processo, e che tutto lo converta in combinazioni ossigenate, cioè in acido carbonico.

Ogni apparato di combustione, da cui sfuggano gas o vapori non infiammati sotto forma di fumo o di gaz accensibile con fiamma cilestra (ossido di carbonio), rappresenta una perdita evidente.

Nell'abbruciare i combustibili bisogna quindi avere riguardo al loro contenuto in carbonio, idrogeno, acqua e materie minerali alla loro densità e curar possibilmente che sia totale a combustione loro mediante l'opportuno intervento dell'ossigeno.

Confronto di alcuni combustibili.

Disseccati a 100° C.	Densità	100 parti in peso contengono			
		carbonio	idrogeno	ossigeno	sostanze minerali
Carbone di legna	0,187	99,07	—	—	0,03
Cok	1,08	95	—	—	bis 5
Carbone inglese torrefatto . .	1,28	87	5	5	1,3
» candela	1,31	67	5	8	2,5
» lignite (la migliore) .	1,37	66	4,8	18	2,7
Torba (la migliore).	—	58	5,9	31	4,6
Lignite (d'aspetto legnoso) . .	1,27	51	5	30	1,29
Legna di faggio	0,728	49	6	44	--
» secca	—	40	—	—	—

La tabella precedente ci dimostra in modo chiaro come il contenuto d'ossigeno sempre più diminuisca, a misura che più sono antiche le formazioni carbonose: mentre il legno contien 44 0[0 di ossigeno, la quantità del medesimo decresce a 5 0[0 nel carbon fossile.

In quanto alla relativa quantità di calorico somministrato dalle sostanze diverse nella loro combustione, ci riferiamo a quanto fu detto al § 156 della Fisica.

2. Distillazione a secco.

216. — Le sostanze che per ottenere alcuni speciali prodotti si sottopongono alla distillazione a secco sono il carbon fossile, la legna e la carne degli animali. Queste decomposizioni sogliono procacciarsi in grande, ed è necessario per Io più di riscaldar fortemente le materie in istorte di ferro, che alle loro estremità finiscono prendendo la forma di tubi, ovvero di marmitte o cassoni. A queste sono attaccati altri apparecchi in cui vengono raccolti quei prodotti, e quindi utilizzati.

Naturalmente le combinazioni ottenute con questo modo di distillazione dipendono dalla composizione propria dei singoli corpi. La differenza verrà accennata dalla tabella seguente:

Prodotti della distillazione a secco del					
Carbon fossile		*Legno*		*Corpo degli Animali*	
Acqua	HO	Acqua	HO	Acqua	HO
Ammoniaca.	NH_3	Spirito pirolegnoso . .	$C_2H_3O_2$	Idro-cloruro ammoniacale	$SH+NH_3$
Anilino . . .	$C_{12}H_7N$	Acido acetico	$C_4H_3O_3$	Idro-cianuro ammoniacale	$CyH+NH_3$
Olii volatili del catrame	CH	Olj volatili di catrame . .	CH	Carbonato di ammoniaca.	CO_2+NH_3
Catrame. . .	CHO	Catrame. . .	CHO	Olio volatile di catrame .	$CHON$
Naftalina . .	$C_{20}H_8$	Creosoto. . .	$C_{12}H_6O_2$	Catrame . .	$CHON$
Gas idro-carbonico . . .	C_2H_4	Gas idro-carbonico . . .	C_2H_4	Idro carbonico	C_2H_4
Gas luce . .	C_4H_4	Gas luce . .	C_4H_4	Acido carbonico	CO_2
Acido nitroso	SO_2	Acido carbonico	CO_2	Ossido di carbonio. . . .	CO
Acido carbonico	CO_2	Ossido di carbonio. . . .	CO		
Ossido di carbonio. . . .	CO				
Arso residuo	C	Carbone di legna residuo	C	Carbone residuo contenente azoto	NC
x	C,H,O,S,N	x	C,H,O	x	C,H,O,S,N

Qui pure, come nella putrefazione, vengono i prodotti d'una serie sotto quelli dell'altra ma sempre però in quantità subordinate.

In generale si presentano prima i prodotti idrogenati, quali sono l'acido acetico, lo spirito pirolegnoso, gli olii volatili e l'acqua pregna d'ammoniaca, che poi in breve si decompongono in parte, per dar luogo a sempre più semplici combinazioni, quali sono il gaz idro-carbonico, l'acido carbonico e l'ossido di carbonio. L'applicazione del gas idro-carbonico all'illuminazione l'abbiamo già accennata al § 60. Il catrame che si presenta in tutti questi esempii non è un corpo dotato di una composizione chimica distinta e fissa, ma sì bene un miscuglio di molte sostanze, fra cui un olio volatile, particolare (*Brandhartz*), ch'è dal carbone colorito in nero. Parecchi corpi in esso contenuti sono per proprietà e per applicazione divenuti oggetto di fabbricazione. Quindi si ricavano parecchi olii di catrame anche dal catrame di legno e dal carbon fossile, mediante la distillazione di queste sostanze con acqua,

olii che non hanno tutti la medesima volatilità e che perciò si separano con una distillazione interrotta. Essi consistono di carbonio ed idrogeno, e trovano applicazione sotto le denominazioni affatto arbitrarie di *fotogeno*, di *idrocarburo*, d'*olio solare*, d'*olio cristallino*, all'uso di illuminazione. L'olio volatile del catrame di carbon fossile, un tempo adoperato specialmente per liqnefare il cautciù, si presenta adesso limpido come l'acqua sotto il nome di *Benzina* nei negozi, e serve di liquido generalmente adoperato per levare le macchie di grasso, di resina, ecc. L'*anilino* contenuto nel carbon fossile greggio fu già più ampiamente studiato al § 176.

La *naftalina* $C_{20}H_8$ è un componente cristallizzabile in iscagliette madreperlacee specialmente del catrame di carbon fossile, d'odore particolare non dispiacevole che si trova anche nel nero fumo.

Il *creosoto* $C_{12}H_6O_2$ si ottiene da quella parte dell'olio di catrame del carbon fossile, che viene distillata a 150° fino a 200° C; ed è un liquido oleoso, senza colore, di carattere debolmente acido, e perciò detto anche *acido fenilico*, d'odore penetrante di fumo, di sapore bruciante, molto acconcio a preservare dalla putrefazione e dalla fermentazione, e venefico.

Un altro prodotto della distillazione del catrame è la *paraffina*, idrocarburo solido (CH) bianco, cristallino, ed inattaccabile dagli acidi e basi forti. Essa si estrae massimamente colla distillazione di schisti bituminosi, ed impiegato per far candele.

Il catrame ed il suo olio estratti dai corpi animali non hanno uso per causa del loro odore ingrato e puzzolente.

L'ammoniaca e le sue importanti combinazioni somministrate dalla distillazione dei corpi animali sono state descritte al § 84. Il liquido più o meno impuro distillato che la contiene si chiama liquore di *corno di cervo*, ed è adoperato in medicina.

L'acido pirolegnoso serve alla preparazione dell'acido acetico e dei sali acetici, fra cui sovratutto dell'acetato d'ossido di piombo. Stante il suo odore speciale di creosoto non si adopera per condimento di vivande: possiede però, come in generale tutti i prodotti della distillazione a secco, proprietà antisettiche ed antifermentative (V. § 171).

217. Prodotti naturali della distillazione. — La teoria della struttura e della formazione della corteccia terrestre, mostra che a diverse epoche gli strati superiori sono stati squarciati e rotti da correnti di masse minerali arroventate uscite di sotto in su. Nei luoghi ove cotali torrenti di materie infuocate vennero in

contatto con questi strati terrestri, i medesimi, a seconda della loro natura ebbero a rimanere trasformati. Se questo accadde, p. e., in vicinanza di carbon fossile, dovette naturalmente per l'influenza del grande calore trasmutarsi esso medesimo e dar origine a prodotti analoghi a quelli che si otterrebbero da una distillazione a secco. A buon diritto devesi considerare l'*antracite* (§ 57) come il residuo dell'azione del calore sul carbon fossile, stantechè esso contiene sì poco idrogeno ed ossigeno come il coke, dal quale si distingue soltanto per la poca sua porosità dipendente dell'enorme pressione sostenuta nell'atto della sua formazione. Al posto del catrame di carbon fossile che si ottiene artificialmente, noi possiamo sostituire il

218. Petrolio CH (*olio di sasso*). — In molti luoghi, e più precisamente in vicinanza dei vulcani, scaturiscono dalla terra piccole sorgenti di un olio giallo, bruno, fino, anche nero, che è detto *olio di petrolio*, *nafta*, e si usa tanto in medicina, quanto anche nelle arti, come l'olio volatile di catrame. In altri luoghi la terra è compenetrata da quest'olio, tanto da poternelo estrarre colla distillazione. Trovasi oltreccið del catrame naturale che si conosce sotto il nome di *asfalto*, *pece giudaica*, *bitume*, ora molle, ora indurito. Esso serve a varii usi, per intonaco d'oggetti, per materiale di combustione, per cemento, per colorire in nero il ferro e le vernici, e misto a sabbia grossolana per fare pavimenti d'asfalto, terrazzi e marciapiedi. A questo scopo può servire anche il catrame comune, quando con distillazione coll'acqua gli venne estratto l'olio volatile.

Istituto chimico di Liebig a Giessen.

10
9
8